

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-036721

(43)Date of publication of application : 02.02.2000

---

(51)Int.Cl. H03H 7/38  
H03F 3/191

---

(21)Application number : 11-130834 (71)Applicant : NEC CORP  
(22)Date of filing : 12.05.1999 (72)Inventor : OGORO KAZUO

---

(30)Priority

Priority number : 10129075 Priority date : 12.05.1998 Priority country : JP

---

## (54) METHOD AND CIRCUIT FOR IMPEDANCE MATCHING

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To match impedance with an optimum value in different frequency bands.

SOLUTION: A 1st reactance circuit 10a with reactance X1 and a 2nd reactance circuit 20a with reactance X2 are provided. The 1st reactance circuit 10a consists of a parallel resonance circuitconsisting of a coil 12 and a capacitor 13 and a coil 11 connected in series with it. The 2nd reactance circuit 20a consists of a parallel resonance circuitconsisting of a coil 22 and a capacitor 23 and a coil 21 connected in series with it. The reactance circuits 10a and 20a have frequency characteristics which impart specific reactance values at 2 or more differing frequencies.

---

## CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1]An impedance-matching method characterized by comprising the following of performing impedance matching in two or more different frequency between the 1st circuit and the 2nd circuit using impedance matching circuits containing two or more reactive elements.

The 1st step that constitutes a reactive circuit with a frequency characteristic which moreover gives [ in / it is equivalent to each of two or more reactive elements in said

impedance matching circuits and / said two or more different frequency ] desired reactance values respectively.

The 2nd step that computes reactance values of a reactive element which forms each of said reactive circuit which comprised said 1st step.

Said reactive circuit which has the reactance values computed at said 2nd step is used. The 3rd step that determines and has an impedance value of said impedance matching circuits in said two or more different frequency and makes an impedance value of said 1st circuit and an impedance value of said 2nd circuit match with those optimum values in these different \*\*\*\* frequency.

[Claim 2] An impedance-matching method according to claim 1 that each of said reactive circuit which comprised said 1st step includes a resonant circuit and moreover resonance frequency of the resonant circuit is located between two frequency adjoined of said two or more different frequency.

[Claim 3] An impedance-matching method according to claim 2 that said resonant circuit is a parallel resonant circuit of two or more reactive elements.

[Claim 4] An impedance-matching method according to claim 2 that said resonant circuit is a parallel resonant circuit containing an inductive reactance device connected in parallel mutually and a capacitive reactance element.

[Claim 5] An impedance-matching method according to claim 2 that said resonant circuit is a series resonant circuit of two or more reactive elements.

[Claim 6] An impedance-matching method according to claim 2 that said resonant circuit is a series resonant circuit containing an inductive reactance device connected in series mutually and a capacitive reactance element.

[Claim 7] Calculation of reactance values in said 2nd step is performed using a smith chart or an admittance chart arranged to the central point and a point corresponding to an impedance value of said 2nd circuit in one of said two or more different frequency moreover A step which arranges a point corresponding to an impedance value of said 1st circuit in said two or more different frequency on said smith chart or an admittance chart respectively in that case A point respectively corresponding to an impedance value of said 1st circuit arranged on said smith chart or an admittance chart A step moved respectively on the common circumference passing through the central point of said smith chart or an admittance chart An impedance-matching method according to any one of claims 1 to 6 by which a step to which a point corresponding to an impedance value of said 1st circuit where you were made to move on said common circumference is moved respectively so that it may lap with said central point is performed.

[Claim 8] Have the following and each of two or more of said impedance circuits It has a reactive circuit with a frequency characteristic which gives predetermined reactance values in said two or more different frequency respectively In these different \*\*\*\* frequency a predetermined impedance value is set up by the reactive

circuit respectively And a synthetic impedance value of two or more of said impedance circuits in these different \*\*\*\* frequency. It is characterized by being set up make an impedance value of said 1st circuit and an impedance value of said 2nd circuit match with those optimum values. Impedance matching circuits used in order to perform impedance matching in two or more different frequency between the 1st circuit and the 2nd circuit.

The 1st terminal pair to which said 1st circuit is connected.

The 2nd terminal pair to which said 2nd circuit is connected.

Two or more impedance circuits provided between said 1st terminal pair and said 2nd terminal pair.

[Claim 9] The impedance matching circuits according to claim 8 where each of two or more of said reactive circuits includes a resonant circuit and resonance frequency of the resonant circuit is moreover located between two frequency adjoined of said two or more different frequency.

[Claim 10] The impedance matching circuits according to claim 9 in which said resonant circuit is a parallel resonant circuit of two or more reactive elements.

[Claim 11] The impedance matching circuits according to claim 9 which are parallel resonant circuits where said resonant circuit contains an inductive reactance device connected in parallel mutually and a capacitive reactance element.

[Claim 12] Said resonant circuit is a parallel resonant circuit containing an inductive reactance device connected in parallel mutually and a capacitive reactance element And the impedance matching circuits according to claim 9 where either [ at least ] an inductive reactance device or a capacitive reactance element is connected to said parallel resonant circuit in series.

[Claim 13] Each of two or more of said reactive circuits includes two or more resonant circuits connected in series mutually and moreover each of resonance frequency of a resonant circuit of these plurality The impedance matching circuits according to claim 8 located between two frequency adjoined of said two or more different frequency.

[Claim 14] The impedance matching circuits according to claim 13 which are parallel resonant circuits where each of said resonant circuit contains an inductive reactance device connected in parallel mutually and a capacitive reactance element.

[Claim 15] Each of said resonant circuit is a parallel resonant circuit containing an inductive reactance device connected in parallel mutually and a capacitive reactance element And the impedance matching circuits according to claim 13 where either [ at least ] an inductive reactance device or a capacitive reactance element is connected to said parallel resonant circuit in series.

[Claim 16] The impedance matching circuits according to claim 9 in which said resonant circuit is a series resonant circuit of two or more reactive elements.

[Claim 17] The impedance matching circuits according to claim 9 which are series resonant circuits where said resonant circuit contains an inductive reactance device

connected in series mutually and a capacitive reactance element.

[Claim 18] Said resonant circuit is a series resonant circuit containing an inductive reactance device connected in series mutually and a capacitive reactance element And the impedance matching circuits according to claim 9 where either [ at least ] an inductive reactance device or a capacitive reactance element is connected in parallel with said series resonant circuit.

[Claim 19] Each of two or more of said reactive circuits includes two or more resonant circuits connected in parallel mutually and moreover each of resonance frequency of a resonant circuit of these plurality The impedance matching circuits according to claim 8 located between two frequency adjoined of said two or more different frequency.

[Claim 20] The impedance matching circuits according to claim 19 which are series resonant circuits where each of said resonant circuit contains an inductive reactance device connected in series mutually and a capacitive reactance element.

[Claim 21] Each of said resonant circuit is a series resonant circuit containing an inductive reactance device connected in series mutually and a capacitive reactance element And the impedance matching circuits according to claim 19 where either [ at least ] an inductive reactance device or a capacitive reactance element is connected in parallel with said series resonant circuit.

[Claim 22] One of said two or more impedance circuits is connected to one terminal of said 1st terminal pair and one terminal of said 2nd terminal pair The impedance matching circuits according to any one of claims 8 to 21 where one of the others of said two or more impedance circuits is connected between said 1st terminal pair or between said 2nd terminal pair.

[Claim 23] One of said two or more impedance circuits is connected to one terminal of said 1st terminal pair and one terminal of said 2nd terminal pair The impedance matching circuits according to any one of claims 8 to 21 where two of others of said two or more impedance circuits are connected respectively between said 1st terminal pair and between said 2nd terminal pair.

[Claim 24] One of said two or more impedance circuits is connected to one terminal of said 1st terminal pair and one terminal of said 2nd terminal pair One of the others of said two or more impedance circuits is connected to a terminal of another side of said 1st terminal pair and a terminal of another side of said 2nd terminal pair And the impedance matching circuits according to any one of claims 8 to 21 where one of said two or more impedance circuits of further others is connected between said 1st terminal pair or between said 2nd terminal pair.

[Claim 25] One of said two or more impedance circuits is connected to one terminal of said 1st terminal pair and one terminal of said 2nd terminal pair One of the others of said two or more impedance circuits is connected to a terminal of another side of said 1st terminal pair and a terminal of another side of said 2nd terminal pair And the impedance matching circuits according to any one of claims 8 to 21 where two of said two or more impedance circuits of further others are connected respectively between

said 1st terminal pair and between said 2nd terminal pair.

[Claim 26] Two of said two or more impedance circuits are connected in series between one terminal of said 1st terminal pair and one terminal of said 2nd terminal pair. A node of said two impedance circuits where one of said two or more impedance circuits of further others was connected in series. The impedance matching circuits according to any one of claims 8 to 21 connected to a terminal of another side of said 1st terminal pair and a terminal of another side of said 2nd terminal pair.

[Claim 27] Two of said two or more impedance circuits are connected in series between one terminal of said 1st terminal pair and one terminal of said 2nd terminal pair. Two of others of said two or more impedance circuits are connected in series between a terminal of another side of said 1st terminal pair and a terminal of another side of said 2nd terminal pair. And a node of said two impedance circuits where one of said two or more impedance circuits of further others was connected in series. The impedance matching circuits according to any one of claims 8 to 21 connected at a node of two impedance circuits besides the above connected in series.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] Further concerning [ this invention ] the impedance-matching method and impedance matching circuits. It is related with the impedance-matching method and impedance matching circuits which are used suitably [ in several different frequency impedance matching is possible and ] for the wireless-radios machine using high frequency.

[0002]

[Description of the Prior Art] Impedance matching circuits are used in order to pull out conventionally the characteristic of the element currently used for each circuit of the radio-frequency head of wireless radios to the maximum extent. The example of composition of these conventional seed impedance matching circuits is shown in drawing 40.

[0003] In drawing 40 the 1st impedance matching circuits 110 and the 2nd impedance matching circuits 120 are connected to the input terminal 132 and the output terminal 133 of the high frequency circuit 140 respectively. The 1st impedance matching circuits 110 achieve the duty which makes the output impedance of the high frequency circuit (not shown) of the preceding paragraph of the high frequency circuit 140 and the input impedance of the high frequency circuit 140 match. The 2nd impedance matching circuits 120 achieve the duty which makes the input impedance of the high frequency circuit (not shown) of the latter part of the high frequency circuit 140 and the output impedance of the high frequency circuit 140 match.

[0004]For simplificationby drawing 40the high frequency circuit 140 is made into the high frequency amplifying circuit which consists only of the npn type bipolar transistor Tr and is illustrated as an exchange equivalent circuit. The emitter of the transistor Tr is grounded a base is connected to the input terminal 132 and the collector is connected to the output terminal 133. The 1st impedance matching circuits 110 comprise the coil 111 by which both ends were connected to the output terminal 131 and the input terminal 132 respectively and the coil 112 with which one terminal was connected to the output terminal 131 and the terminal of another side was grounded. It has the so-called composition of "L-L matching."

The 2nd impedance matching circuits 120 comprise the capacitor 121 by which both ends were connected to the output terminal 133 and the input terminal 134 respectively and the capacitor 122 by which one terminal was connected to the input terminal 134 and the terminal of another side was grounded. It has the so-called composition of "C-C matching."

[0005]In the 1st impedance matching circuits 110 that make the output impedance of the high frequency circuit of the preceding paragraph of the high frequency circuit 140 and the input impedance of the high frequency circuit 140 match there is a problem that matching of these both impedance is realized only on single frequency. For this reason in order to make the impedance of two high frequency circuits which adjoin using the 1st impedance matching circuits 110 shown in drawing 40 match in two different frequency a certain device is required. This is the same also in the 2nd impedance matching circuits 120 of the latter part of the high frequency circuit 140.

[0006]Then the device is explained below. Drawing 37 shows the circuit diagram of the receiver of the single superheterodyne system currently used for the cellular phone of the PDC (Personal Digital Cellular) method adopted in Japan.

[0007]In the circuit of drawing 37 the antenna 101 receives the high frequency signal of the 820 MHz bands which are received frequency belts. The high-frequency amplifier 102 amplifies the high frequency signal of the 820 MHz bands received with the antenna 101 and sends it to the frequency mixer 103. The frequency mixer 103 is mixed with a local signal with the local frequency of 950 MHz to which the sent high frequency signal is sent from the local (local) oscillator 104. Frequency changes into an intermediate frequency (Intermediate Frequency IF) signal equal to 130 MHz of differences of both frequency. IF amplifier 105 amplifies this IF signal and sends it to the demodulator 106. The demodulator 106 restores to the sent IF signal according to a prescribed method and takes out the information included in the high frequency input signal.

[0008]The high frequency circuit (.) which treats a high frequency input signal in the circuit of drawing 37 Namely the inside of the high-frequency amplifier 102 the frequency mixer 103 the local oscillator 104 and IF amplifier 105 When connecting via the impedance matching circuits 110 or 120 which show drawing 40 two adjoining

circuits usually It opts for the composition of the impedance matching circuits 110 or 120 so that the impedance of two circuits which should be connected in the specific single frequency contained in a received frequency belt or a using frequency band (namely 820 MHz bands) may match (consistency). The characteristic (VSWR-f characteristic) to the frequency  $f$  of the voltage standing wave ratio (Voltage Standing-Wave Ratio VSWR) of the high-frequency amplifier 102 in that case comes to be shown in drawing 34. Namely since the frequency bands to be used are only 820 MHz bands as shown in drawing 34 it is one suitable frequency (for example 820 MHz) in the frequency band. It opts for the composition of the impedance matching circuits 110 or 120 so that one input impedance of the two circuits which should be connected may be in agreement with the output impedance of another side.

[0009] However the receiver which wireless radios and a radio communications system are quickly developed and can as a result process the signal of two frequency bands which separated is called for in recent years. The high frequency signal of the 820 MHz bands used with the cellular phone of a PDC method as an example of such a receiver There is telephone which enabled it to receive the both sides of the high frequency signal of the 1.9-GHz (1900 MHz) belt used with personal handy phone (Personal Handy-phone System PHS). In order to realize this demand the receiver of circuitry as shown in drawing 38 and drawing 39 is developed conventionally.

[0010] The circuit (circuit for 820 MHz bands) which processes the input signal of the 820 MHz bands which consist of the high-frequency amplifier 102a the local oscillator 104a the frequency mixer 103a and IF amplifier 105a in the circuitry of drawing 38 The high-frequency amplifier 102b the local oscillator 104b the frequency mixer 103b The circuit (circuit for 1900 MHz bands) which processes the input signal of the 1900 MHz bands which consist of IF amplifier 105b is provided and according to the frequency band of an input signal the circuit the object for 820 MHz bands and for 1900 MHz bands is used with the switches 107 and 108 switching. The local frequency which the local oscillators 104a and 104b generate is 950 MHz and 1770 MHz respectively.

[0011] In the case of this circuitry the VSWR-f characteristic of the high-frequency amplifier 102a and 102b comes to be shown in drawing 35 (a). That is the impedance of two circuits which should be connected in the specific single frequency (for example 820 MHz) contained in 820 MHz bands is made to match to the circuit for 820 MHz bands. On the other hand the impedance of two circuits which should be connected in the specific single frequency (for example 1900 MHz) contained in 1900 MHz bands is made to match to the circuit for 1900 MHz bands.

[0012] Two circuits the object for 820 MHz bands and the object for 1900 MHz bands Since it is used according to the frequency band of an input signal switching the VSWR-f characteristic characteristic of the high-frequency amplifier 102a and 102b in the circuitry of drawing 38 is expressed with the characteristic curve shown in drawing 35 (b) which compounded and acquired two characteristic curves of drawing 35 (a) according to the frequency band.

[0013]The circuitry of drawing 39 is a modification of the circuitry of drawing 38. Namely the frequency mixer 103a for exclusive use as the object for 820 MHz bands and an object for 1900 MHz bands. Unlike 103b and the circuitry of drawing 38 which has formed IF amplifiers 105a and 105b by the circuitry of drawing 39 the frequency mixer 103 and IF amplifier 105 which are shared with the input signal of the both sides of 820 MHz bands and 1900 MHz bands are formed. Other composition is the same as the case of drawing 38. Although the switch 107 which switches the input of the high-frequency amplifier 102a and 102b is the same as the case of drawing 38 According to the difference in the above-mentioned composition the switch 109 which switches the output of the high-frequency amplifier 102a and 102b and the switch 110 which switches the output of the local oscillators 104a and 104b are formed. The VSWR-f characteristic of the high-frequency amplifier 102a and 102b in the circuitry of drawing 39 comes to be shown in drawing 35 (b) like the case of the circuitry of drawing 38.

[0014]However in the circuitry of drawing 38 and drawing 39 since the switching means 107, 108, 109 and 110, i.e. switches is indispensable there is a problem that it originates in the switching means compared with the circuitry for single frequency zones shown in drawing 37 and the loss (loss) of electric power increases. Since a circuit for exclusive use is required for both the frequency bands of 820 MHz bands and 1900 MHz bands there is also a problem that circuitry becomes complicated compared with the circuitry for the single frequency bands of drawing 37.

[0015]Then since these problems are solved Q of impedance matching circuits is reduced in the circuitry for the single frequency zones of drawing 37 and the method of having and making impedance match approximately in both the frequency bands of 820 MHz bands and 1900 MHz bands may be taken. In this case the VSWR-f characteristic of the high-frequency amplifier 102a and 102b becomes almost flat in the whole using frequency ranges as shown in drawing 36. So in the characteristic of drawing 36 although perfect matching (matching to the optimal impedance value) of impedance cannot be performed approximate matching of it is attained in the both sides of 820 MHz bands and 1900 MHz bands.

[0016]However in using the VSWR-f characteristic of drawing 36a a problem which is described below arises.

[0017]The 1st problem is being unable to set it as the optimal impedance value in any of 820 MHz bands and 1900 MHz bands. This is constituted so that impedance may generally match impedance matching circuits with an optimum value in 1360 MHz which is the middle frequency of 820 MHz and 1900 MHz. It originates in having and equalizing the grade of matching of the impedance in these two frequency bands.

[0018]The 2nd problem is that cannot pull out a receiving characteristic to the maximum extent compared with the case where the VSWR-f characteristic for the single frequency belts of drawing 34 is used but the power loss in a receiving circuit increases as a result. This is because Q of impedance matching circuits is used



lowering it intentionally and is also for the power loss in the impedance matching circuits 110 or 120 to increase by the Q made to fall.

[0019]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] As mentioned above when the conventional impedance matching circuits 110 or 120 as shown in drawing 40 are used impedance of two circuits cannot be made to match with an optimum value in two frequency left mutually. Power loss increases with impedance matching.

[0020] Then in each of the frequency beyond two or it which was left mutually the purpose of this invention is to provide the impedance-matching method that the impedance of two circuits can be made to match with an optimum value and impedance matching circuits.

[0021] Other purposes of this invention are to provide the impedance-matching method which can simplify the circuitry of the system which can process the signal of the frequency band beyond two or it which separated mutually and impedance matching circuits.

[0022] The purpose of further others of this invention is to provide the impedance-matching method that impedance matching to an optimum value is realizable in each of the frequency beyond two or it and impedance matching circuits without making power loss increase.

[0023]

[Means for Solving the Problem] This invention is (1). An impedance-matching method of this invention An impedance-matching method of performing impedance matching in two or more different frequency between the 1st circuit and the 2nd circuit is characterized by comprising the following using impedance matching circuits containing two or more reactive elements:

The 1st step that constitutes a reactive circuit with a frequency characteristic which moreover gives [ in / it is equivalent to each of two or more reactive elements in said impedance matching circuits and / said two or more different frequency ] desired reactance values respectively.

The 2nd step that computes reactance values of a reactive element which forms each of said reactive circuit which comprised said 1st step.

Said reactive circuit which has the reactance values computed at said 2nd step is used The 3rd step that determines and has an impedance value of said impedance matching circuits in said two or more different frequency and makes an impedance value of said 1st circuit and an impedance value of said 2nd circuit match with those optimum values in these different \*\*\*\* frequency.

[0024] (2) In an impedance-matching method of this invention. In the 1st step it is equivalent to each of two or more reactive elements in said impedance matching circuits and a reactive circuit with a frequency characteristic which moreover gives desired reactance values in said two or more different frequency respectively is

constituted. Next in the 2nd step reactance values of a reactive element which forms each of said reactive circuit which comprised said 1st step are computed. And finally in the 3rd step an impedance value of said impedance matching circuits is determined in said two or more different frequency using said reactive circuit which has the reactance values computed at said 2nd step. For this reason impedance of said 1st circuit and the 2nd circuit can be made to match with those optimum values in each of frequency beyond two or it which was left mutually.

[0025] It becomes possible to simplify circuitry of a system which can process a signal of a frequency band beyond two or it which separated mutually by this.

[0026] In each of frequency beyond two or it since impedance of said 1st and 2nd circuit can be made to match with an optimum value an increase in power loss resulting from impedance matching is not produced.

[0027] (3) In a desirable example of an impedance-matching method of this invention each of said reactive circuit which comprised said 1st step includes a resonant circuit and moreover resonance frequency of the resonant circuit is located between two frequency adjoined of said two or more different frequency.

[0028] Let said resonant circuit be a parallel resonant circuit of two or more reactive elements in other desirable examples of an impedance-matching method of this invention. In this case it is preferred that said resonant circuit is a parallel resonant circuit containing an inductive reactance device connected in parallel mutually and a capacitive reactance element.

[0029] Let said resonant circuit be a series resonant circuit of two or more reactive elements in an example of an impedance-matching method of this invention in which others are still more preferred. In this case it is preferred that said resonant circuit is a series resonant circuit containing an inductive reactance device connected in series mutually and a capacitive reactance element.

[0030] In an example of an impedance-matching method of this invention in which others are still more preferred. Calculation of reactance values in said 2nd step is performed using a smith chart or an admittance chart arranged to the central point and a point corresponding to an impedance value of said 2nd circuit in one of said two or more different frequency moreover a step which arranges a point corresponding to an impedance value of said 1st circuit in said two or more different frequency on said smith chart or an admittance chart respectively in that case a point respectively corresponding to an impedance value of said 1st circuit arranged on said smith chart or an admittance chart a step moved respectively on the common circumference passing through the central point of said smith chart or an admittance chart a step to which a point respectively corresponding to an impedance value of said 1st circuit where you were made to move on said common circumference is moved so that it may lap with said central point is performed.

[0031] (4) Impedance matching circuits of this invention In impedance matching circuits used in order to perform impedance matching in two or more different frequency

between the 1st circuit and the 2nd circuit. The 1st terminal pair to which said 1st circuit is connected and the 2nd terminal pair to which said 2nd circuit is connected. Have two or more impedance circuits provided between said 1st terminal pair and said 2nd terminal pair and each of two or more of said impedance circuits. It has a reactive circuit with a frequency characteristic which gives predetermined reactance values in said two or more different frequency respectively. In these different \*\*\*\* frequency a predetermined impedance value is set up by the reactive circuit respectively. And a synthetic impedance value of two or more of said impedance circuits in these different \*\*\*\* frequency is set up to make an impedance value of said 1st circuit and an impedance value of said 2nd circuit match with those optimum values.

[0032] (5) In impedance matching circuits of this invention. Impedance of said 1st circuit and the 2nd circuit can be made to match with those optimum values in each of frequency beyond two or it which was left mutually for the substantially same reason as having stated by the impedance-matching method of this invention. It becomes possible to simplify circuitry of a system which can process a signal of a frequency band beyond two or it which separated mutually by this. (6) which does not produce an increase in power loss in the impedance matching circuits concerned. In a desirable example of impedance matching circuits of this invention. Each of two or more of said reactive circuits includes a resonant circuit and moreover resonance frequency of the resonant circuit is located between two frequency adjoined of said two or more different frequency.

[0033] Let said resonant circuit be a parallel resonant circuit of two or more reactive elements in other desirable examples of impedance matching circuits of this invention. In this case let said resonant circuit be a parallel resonant circuit containing an inductive reactance device connected in parallel mutually and a capacitive reactance element preferably. Or either [ at least ] an inductive reactance device or a capacitive reactance element may be connected in series to the parallel resonant circuit.

[0034] In an example of impedance matching circuits of this invention in which others are still more preferred. Each of two or more of said reactive circuits includes two or more resonant circuits connected in series mutually and moreover each of resonance frequency of a resonant circuit of these plurality is located between two frequency adjoined of said two or more different frequency. In this case let each of said resonant circuit be a parallel resonant circuit containing an inductive reactance device connected in parallel mutually and a capacitive reactance element preferably. Or either [ at least ] an inductive reactance device or a capacitive reactance element may be connected in series to the parallel resonant circuit.

[0035] Let said resonant circuit be a series resonant circuit of two or more reactive elements in an example of impedance matching circuits of this invention in which others are still more preferred. In this case let said resonant circuit be a series resonant circuit containing an inductive reactance device connected in series

mutually and a capacitive reactance element preferably. Or either [ at least ] an inductive reactance device or a capacitive reactance element may be connected in parallel to the series resonant circuit.

[0036] In an example of impedance matching circuits of this invention in which others are still more preferred. Each of two or more of said reactive circuits includes two or more resonant circuits connected in parallel mutually and moreover each of resonance frequency of a resonant circuit of these plurality is located between two frequency adjoined of said two or more different frequency. In this case let each of said resonant circuit be a series resonant circuit containing an inductive reactance device connected in series mutually and a capacitive reactance element preferably. Or either [ at least ] an inductive reactance device or a capacitive reactance element may be connected in parallel to the direct resonant circuit.

[0037] (7) In impedance matching circuits of this invention the desirable topology of two or more of said impedance circuits is as follows.

[0038] (a) One of said two or more impedance circuits is connected to one terminal of said 1st terminal pair and one terminal of said 2nd terminal pair and one of the others of said two or more impedance circuits is connected between said 1st terminal pair or between said 2nd terminal pair.

[0039] (b) One of said two or more impedance circuits is connected to one terminal of said 1st terminal pair and one terminal of said 2nd terminal pair and two of others of said two or more impedance circuits are connected respectively between said 1st terminal pair and between said 2nd terminal pair.

[0040] (c) One of said two or more impedance circuits is connected to one terminal of said 1st terminal pair and one terminal of said 2nd terminal pair. One of the others of said two or more impedance circuits is connected to a terminal of another side of said 1st terminal pair and a terminal of another side of said 2nd terminal pair and moreover one of said two or more impedance circuits of further others is connected between said 1st terminal pair or between said 2nd terminal pair.

[0041] (d) One of said two or more impedance circuits is connected to one terminal of said 1st terminal pair and one terminal of said 2nd terminal pair. One of the others of said two or more impedance circuits is connected to a terminal of another side of said 1st terminal pair and a terminal of another side of said 2nd terminal pair and moreover two of said two or more impedance circuits of further others are connected respectively between said 1st terminal pair and between said 2nd terminal pair.

[0042] (e) Two of said two or more impedance circuits are connected in series between one terminal of said 1st terminal pair and one terminal of said 2nd terminal pair. One of said two or more impedance circuits of further others is connected to a node of said two impedance circuits connected in series and a terminal of another side of said 1st terminal pair and a terminal of another side of said 2nd terminal pair.

[0043] (f) Two of said two or more impedance circuits are connected in series

between one terminal of said 1st terminal pair and one terminal of said 2nd terminal pair. Two of others of said two or more impedance circuits are connected in series between a terminal of another side of said 1st terminal pair and a terminal of another side of said 2nd terminal pair. And one of said two or more impedance circuits of further others is connected at a node of said two impedance circuits connected in series and a node of two impedance circuits besides the above connected in series.

[0044]

[Embodiment of the Invention] It explains referring to an accompanying drawing for the suitable embodiment of this invention hereafter.

[0045] (A 1st embodiment) Drawing 1 (a) shows the composition of the impedance matching circuits 1 of a 1st embodiment of this invention. These impedance matching circuits 1 comprise the 1st impedance circuit 10 that has impedance  $Z_1$  and the 2nd impedance circuit 20 that has impedance  $Z_2$ . Two terminals of the 1st impedance circuit 10 are connected to one terminal 3 of one terminal 2 of the input terminal pairs of the impedance matching circuits 1 concerned and an output terminal pair respectively. the -- two -- an impedance circuit -- 20 -- one side -- a terminal -- being concerned -- impedance matching circuits -- one -- input terminal pairs -- one side -- a terminal -- two -- connecting -- having -- another side -- a terminal -- being concerned -- a circuit -- one -- input terminal pairs -- another side -- a terminal -- two -- ' -- an output terminal -- a pair -- another side -- a terminal -- three -- ' -- common connection -- carrying out -- having -- \*\*\*\* .

[0046] These impedance matching circuits 1 have the function to make the input impedance of the high frequency circuit (not shown) connected to the those input-terminal-pairs 2 and 2' output impedance and output terminal pairs 3 and 3' of high frequency circuit (not shown) connected to side' side match. In several different frequency the impedance-matching function is realizable.

[0047] The impedance matching circuits 1a of drawing 1 (b) The 1st reactive circuit 10a that has reactance  $X_1$  for the 1st and 2nd impedance circuits 10 and 20 of the impedance matching circuits 1 shown in drawing 1 (a) It replaces in the 2nd reactive circuit 20a that has reactance  $X_2$  respectively and is equivalent to what grounded input terminal 2' by which common connection was carried out and output terminal 3'. If it puts in another way the impedance matching circuits 1a of drawing 1 (b) In the impedance matching circuits 1 shown in drawing 1 (a) when the 1st and 2nd impedance circuits 10 and 20 all consist only of reactances (imaginary component of impedance) excluding resistance (real component of impedance) it corresponds.

[0048] Then in order to simplify explanation in the following explanation not the impedance matching circuits 1 of drawing 1 (a) but the simplified impedance matching circuits 1a of drawing 1 (b) will be described. It is because it is very easy to apply it to the general impedance matching circuits 1 if the composition and operation of the impedance matching circuits 1a become clear.

[0049] In the impedance matching circuits 1a of drawing 1 (b) as for the 1st reactive

circuit 10a that has reactance  $X_1$ , the two terminals are connected to one input terminal 2 of the circuit 1a concerned and one output terminal 3 respectively. The terminal of one of these is connected to one input terminal 2 of the circuit 1a concerned and as for the 2nd reactive circuit 20a that has reactance  $X_2$ , the terminal of another side is grounded. The high frequency circuit (not shown) of the preceding paragraph of the impedance matching circuits 1a is connected between the input terminal pairs 2 and grounding and the high frequency circuit (not shown) of the latter part of the impedance matching circuits 1a is connected between the output terminal pair 3 and grounding.

[0050] Next the concrete circuitry of the impedance matching circuits 1a of a 1st embodiment of this invention is explained referring to drawing 2.

[0051] As shown in drawing 2 the 1st reactive circuit 10a comprises the three reactive elements 11, 12 and 13. The reactive element 11 is an inductive reactance device i.e. the coil which has inductance  $L_{11}$ . The reactive element 12 is a coil which has inductance  $L_{12}$ . The reactive element 13 is a capacitive reactance element i.e. the capacitor which has capacitance  $C_1$ .

[0052] The coil 12 and the capacitor 13 of each other are connected in parallel. Common connection of one terminal of the coil 12 and one terminal of the capacitor 13 is carried out to the output terminal 3. Common connection of the terminal of another side of the coil 12 and the terminal of another side of the capacitor 13 is carried out to one terminal of the coil 11. The terminal of another side of the coil 11 is connected to the input terminal 2.

[0053] The coil 12 connected in parallel mutually and the capacitor 13 constitute the parallel resonant circuit 14 which has resonance frequency  $f_{01}$  as shown in drawing 3 (a). Therefore the 1st reactive circuit 10a has the composition with which the parallel resonant circuit 14 was mutually connected with the coil 11 in series between the input terminal 2 and the output terminal 3.

[0054] As shown in drawing 2 the 2nd reactive circuit 20a is the same composition as the 1st reactive circuit 10a and comprises the three reactive elements 21, 22 and 23. The reactive element 21 is a coil which has inductance  $L_{21}$ . The reactive element 22 is a coil which has inductance  $L_{22}$ . The reactive element 23 is a capacitor which has capacitance  $C_2$ .

[0055] The coil 22 and the capacitor 23 of each other are connected in parallel. Common connection of one terminal of the coil 22 and one terminal of the capacitor 23 is carried out to one terminal of the coil 21. The terminal of another side of the coil 22 and the terminal of another side of the capacitor 23 are grounded in common. The terminal of another side of the coil 21 is connected to the input terminal 2.

[0056] The coil 22 connected in parallel mutually and the capacitor 23 constitute the parallel resonant circuit 24 which has resonance frequency  $f_{02}$  as shown in drawing 3 (b). This resonance frequency  $f_{02}$  usually differs from resonance frequency  $f_{01}$  of the parallel resonant circuit 14. Therefore the 2nd reactive circuit 20a has the composition

with which the parallel resonant circuit 24 was mutually connected with the coil 21 in series between the input terminal 2 and grounding.

[0057]Next operation of the 1st and 2nd reactive circuits 10a and 20a with the above composition is explained.

[0058]As shown in drawing 2 at the time of use the high frequency circuit 5 is connected with the input terminal 2 of the impedance matching circuits 1a between groundings and the high frequency circuit 4 is connected between the output terminal 3 and grounding. In the both sides of two different frequency  $f_1$  and  $f_2$  the impedance matching circuits 1a have the function to make the output impedance of the high frequency circuit 5 by the side of the input terminal 2 and the input impedance of the high frequency circuit 4 by the side of the output terminal 3 match with those optimum values. The operation is as follows.

[0059]However matching frequency  $f_1$  and  $f_2$  have a relation of  $f_1 < f_{01} < f_2$  and  $f_1 < f_{02} < f_2$  between resonance frequency  $f_{01}$  of the parallel resonant circuits 14 and 24 and  $f_{02}$ . Frequency  $f_1$  and  $f_2$  are 820 MHz and 1900 MHz for example.

[0060]First if signal frequency i.e. the frequency of the electrical signal sent from the high frequency circuit 5 of the preceding paragraph is set to reactance  $X_{11}$  of the reactive element 11 of the 1st reactive circuit 10a i.e. a coil will be given with the following expression (1).

[0061]

[Equation 1]

[0062]Then if reactance  $X_{11}$  of the coil 11 given with expression (1) is illustrated it will become like drawing 4 (b). That is the frequency characteristic of reactance  $X_{11}$  is given in the straight line which passes along the starting point and it increases in monotone as the signal frequency  $f$  rises from 0 (direct current).

[0063]On the other hand reactance  $X_{LC1}$  of the parallel resonant circuit 14 which consists of the coil 12 and the capacitor 13 is given with the following expression (2).

[0064]

[Equation 2]

[0065]If reactance  $X_{LC1}$  of the parallel resonant circuit 14 given with expression (2) is illustrated it will become like drawing 4 (c). That is the frequency characteristic of reactance  $X_{LC1}$  is given with the curve which makes an asymptote the vertical line B drawn to  $f=f_{01}$ . However resonance frequency  $f_{01}$  of the parallel resonant circuit 14 is given with the following expression (3).

[0066]

[Equation 3]

[0067] Therefore in the range lower than resonance frequency  $f_{01}$ , reactance  $X_{LC1}$  of the parallel resonant circuit 14 increases from 0 gradually with the rise of  $f$  and the signal frequency  $f$  increases it to  $+\infty$  as  $f_{01}$  is approached. As reactance  $X_{LC1}$  decreases gradually with reduction in  $f$  and the signal frequency  $f$  approaches  $f_{01}$  in the range higher than  $f_{01}$  – It reaches infinitely. On the other hand it converges on 0 with the increase in  $f$ .

[0068] Reactance  $X_1$  of the 1st reactive circuit 10a is the sum of reactance  $X_{11}$  of the coil 11 and reactance  $X_{LC1}$  of the parallel resonant circuit 14 so that clearly from circuitry of drawing 3 (a). Therefore the frequency characteristic of reactance  $X_1$  of the 1st reactive circuit 10a is given by compounding the frequency characteristic of drawing 4 (b) and drawing 4 (c). It is shown in drawing 4 (a).

[0069] The frequency characteristic of reactance  $X_1$  of the 1st reactive circuit 10a has the same tendency as the frequency characteristic of reactance  $X_{LC1}$  of the parallel resonant circuit 14 so that clearly from drawing 4 (a). That is in the range lower than  $f_{01}$ , reactance  $X_1$  increases from 0 gradually with a rise of  $f$  and the signal frequency  $f$  increases it to  $+\infty$  as  $f_{01}$  is approached. As reactance  $X_1$  decreases gradually with reduction in  $f$  and the signal frequency  $f$  approaches  $f_{01}$  in the range higher than  $f_{01}$  – It reaches infinitely. On the other hand it increases to  $+\infty$  with an increase in  $f$ .

[0070] When the signal frequency  $f$  has a larger value than resonance frequency  $f_{01}$  of the parallel resonant circuit 14 so that clearly from the frequency characteristic of drawing 4 (a) as for reactance  $X_1$ , a value of from  $-\infty$  until  $+\infty$  can be taken. When the signal frequency  $f$  has a value smaller than resonance frequency  $f_{01}$ , reactance  $X_1$  can take only arbitrary positive values. On the other hand although it is necessary to set up a value of resonance frequency  $f_{01}$  of the parallel resonant circuit 14 between two desired matching frequency  $f_1$  and  $f_2$ . If a value of  $f_{01}$  is changed in the range, the asymptote B which extends in the perpendicular direction will be displaced in accordance with a horizontal axis (it is also a characteristic curve in it) (namely  $f$  axis). Therefore it is possible by setting up a value of  $f_{01}$  suitably to set independently left frequency  $f_1$  and reactance  $X_1$  in  $f_2$  as a desired value respectively. If it puts in another way a value of two frequency  $f_1$  left enough and reactance  $X_1$  in  $f_2$  can be adjusted arbitrarily.

[0071] Drawing 4 (a) In – (c)  $X_{11}(f_1)$  and  $X_{11}(f_2)$  A value of reactance  $X_{11}$  of the reactive element 11 in  $f=f_1$  and  $f=f_2$  i.e. a coil is shown respectively  $X_{LC1}(f_1)$  and  $X_{LC1}(f_2)$  A value of reactance  $X_{LC1}$  of the parallel resonant circuit 14 in  $f=f_1$  and  $f=f_2$  is shown respectively  $X_1(f_1)$  and  $X_1(f_2)$  show a value of  $f=f_1$  and reactance  $X_1$  of the 1st reactive circuit 10a in  $f=f_2$  respectively.

[0072] Inductance  $L_{11}$  of the coils 11 and 12 which constitute the 1st reactive circuit 10a and  $L_{12}$  Although it is difficult to calculate a value of capacitance  $C_1$  of the capacitor 13 directly and analytically from a value of desired matching frequency  $f_1$  and



$f_2$  and reactance  $X_1$  of the 1st reactive circuit 10a. The solution to desired can be calculated by calculating a converged value asymptotically using an electronic computer.

[0073] In a 1st embodiment, value  $X_1(f_2)$  of reactance  $X_1$  of the 1st reactive circuit 10a in frequency  $f_2$  of the higher one can take any value of positive/negative so that clearly from the frequency characteristic of drawing 4 (a) but. Value  $X_1(f_1)$  of reactance  $X_1$  in frequency  $f_1$  of the lower one has restriction that only a positive value can be taken. Therefore the impedance matching circuits 1a of a 1st embodiment cannot be applied when reactance  $X_1(f_1)$  of the 1st reactive circuit 10a needs to be set as a negative value in frequency  $f_1$ . However for example this restriction is removable by applying either of the below-mentioned 2nd – a 4th embodiment.

[0074] Next the 2nd reactive circuit 20a is explained. Since the 2nd reactive circuit 20a is the same composition as the 1st reactive circuit 10a so that clearly from drawing 2 the above-mentioned explanation about the 1st reactive circuit 10a can apply as it is. That is reactance  $X_{21}$  of the reactive element 21 of the 2nd reactive circuit 20a i.e. a coil is given with the following expression (4).

[0075]

[Equation 4]

[0076] The frequency characteristic of reactance  $X_{21}$  of the coil 21 given with expression (4) is the same as that of drawing 4 (b). That is the frequency characteristic of reactance  $X_{21}$  is given in the straight line which passes along the starting point and it increases in monotone as the signal frequency  $f$  rises from 0.

[0077] On the other hand reactance  $X_{LC2}$  of the parallel resonant circuit 24 which consists of the coil 22 and the capacitor 23 is given with the following expression (5).

[0078]

[Equation 5]

[0079] The frequency characteristic of reactance  $X_{LC2}$  of the parallel resonant circuit 24 is the same as that of drawing 4 (c). That is the frequency characteristic of reactance  $X_{LC2}$  is given with the curve which makes an asymptote the vertical line drawn to  $f=f_{02}$ . However the resonance frequency  $f_{02}$  of the parallel resonant circuit 24 is given with the following expression (6).

[0080]

[Equation 6]

[0081] Therefore in the range lower than resonance frequency  $f_{02}$  reactance  $X_{LC2}$  of the

parallel resonant circuit 24 increases from 0 gradually with the rise of  $f$  and the signal frequency  $f$  increases it to  $+\infty$  as  $f_{02}$  is approached. As reactance  $X_{LC2}$  decreases gradually with reduction in  $f$  and the signal frequency  $f$  approaches  $f_{02}$  in the range higher than  $f_{02}$  – It reaches infinitely. On the other hand it converges on 0 with the increase in  $f$ .

[0082] Reactance  $X_2$  of the 2nd reactive circuit 20a is the sum of reactance  $X_{21}$  of the coil 21 and reactance  $X_{LC2}$  of the parallel resonant circuit 24 so that clearly from the circuitry of drawing 3 (b). Therefore the frequency characteristic of reactance  $X_2$  of the 2nd reactive circuit 20a is given with the same curve as drawing 4 (a) which compounded and acquired the frequency characteristic of drawing 4 (b) and drawing 4 (c).

[0083] The frequency characteristic of reactance  $X_2$  of the 2nd reactive circuit 20a has the same tendency as the frequency characteristic of reactance  $X_{LC2}$  of the parallel resonant circuit 24 so that clearly from drawing 4 (a). That is in the range lower than resonance frequency  $f_{02}$  reactance  $X_2$  increases from 0 gradually with a rise of  $f$  and the signal frequency  $f$  increases it to  $+\infty$  as  $f_{02}$  is approached. As reactance  $X_{LC2}$  decreases gradually with reduction in  $f$  and the signal frequency  $f$  approaches  $f_{02}$  in the range higher than  $f_{02}$  – It reaches infinitely. On the other hand it increases to  $+\infty$  with an increase in  $f$ .

[0084] When the signal frequency  $f$  has a larger value than resonance frequency  $f_{02}$  so that clearly from drawing 4 (a) reactance  $X_2$  can take a value of from  $-\infty$  until  $+\infty$ . When the signal frequency  $f$  has a value smaller than resonance frequency  $f_{02}$  reactance  $X_1$  can take arbitrary positive values. On the other hand although it is necessary to also set up a value of resonance frequency  $f_{02}$  of the parallel resonant circuit 24 between two desired matching frequency  $f_1$  and  $f_2$  if a value of  $f_{02}$  is changed in the range a characteristic curve will be displaced in accordance with  $f$  axis with the asymptote B. Therefore it is possible by setting up a value of  $f_{02}$  suitably to set reactance  $X_2$  in frequency  $f_1$  and  $f_2$  which were left as a desired value. If it puts in another way a value of reactance  $X_2$  in two frequency  $f_1$  and  $f_2$  which were left enough can be adjusted arbitrarily independently.

[0085] Inductance  $L_{21}$  of the coils 21 and 22 in the 2nd reactive circuit 20a and  $L_{22}$ . Although it is difficult to calculate a value of capacitance  $C_2$  of the capacitor 23 directly and analytically from a value of desired matching frequency  $f_1$  and  $f_2$  and reactance  $X_2$  of the 2nd reactive circuit 20a By calculating a converged value asymptotically using an electronic computer it is possible to calculate the solution to desired.

[0086] Any value of positive/negative can take a value of reactance  $X_2$  in  $f=f_2$  so that clearly from drawing 4 (a) but a value of reactance  $X_2$  in  $f=f_1$  has restriction that only a positive value can be taken. Therefore the impedance matching circuits 1a of a 1st embodiment cannot be applied when reactance  $X_2$  of the 2nd reactive circuit 20a needs to be set as a negative value in frequency  $f_1$ . However this restriction is

removable by applying one composition of the below-mentioned 2nd – a 4th embodiment to either of the 1st and 2nd reactive circuit 10a and 20a for example.

[0087] As stated above according to the impedance matching circuits 1a of a 1st embodiment of this invention. By setting up suitably a value of frequency  $f_1$  reactance  $X_1$  of the 1st and 2nd reactive circuit 10a and 20a in  $f_2$  and  $X_2$  respectively. It becomes possible to make an input impedance of the high frequency circuit 4 connected to the output impedance [ of the high frequency circuit 5 connected to the input terminal 2 side ] and output terminal 3 side match with an optimum value in two frequency  $f_1$  and  $f_2$  which were left enough respectively. Circuitry of a system which processes a signal of two frequency bands which contain left frequency  $f_1$  and  $f_2$  (for example 820 MHz and 1900 MHz) by this respectively can be simplified.

[0088] Since impedance matching can be carried out to an optimum value in two frequency  $f_1$  and  $f_2$  respectively power loss resulting from a fall of Q of impedance matching circuits like a conventional example (refer to drawing 36) described previously can be prevented. That is power loss produced in the impedance matching circuits 1a is controlled.

[0089] Next a principle which can perform impedance matching in two frequency  $f_1$  and  $f_2$  by the impedance matching circuits 1a with the above composition of a 1st embodiment is explained referring to drawing 7. Drawing 7 is the smith chart (Smith Chart) for explaining a principle of operation of the impedance matching circuits 1a of a 1st embodiment of this invention.

[0090] Generally although a reflection coefficient of the transmission line is illustrated on polar coordinates the smith chart can read impedance corresponding to the reflection coefficient promptly and since it is expedient it is used daily. Although only a curve which shows impedance is drawn on the usual smith chart in order to understand easily by a smith chart of drawing 7a a curve which shows admittance is also drawn collectively.

[0091] Here a case where an input impedance of the high frequency circuit 4 connected to the output terminal 3 is made to match with output impedance (= 50 ohms) of the high frequency circuit 5 where it was connected to the input terminal 2 using the impedance matching circuits 1a as an example is explained.

[0092] In a smith chart of drawing 7 the line segment E which the central point O corresponds to the target impedance 50 ohm and connects the two corner points F and G is a resistance axis. The central point O is located in the middle point of the line segment E. The circle A is a locus of a point that resistance is equal to 50 ohm circle A' is a locus of a point that an admittance value is equal to  $(1/50 \text{ ohm})$  the circle H is a locus of a point that reactance values are equal to +50 ohms and circle H' is a locus of a point that reactance values are equal to -50 ohm. Point  $D_1$  and  $D_2$  correspond to an output impedance value in signal frequency  $f_1$  and  $f_2$  of the high frequency circuit 4 which were connected to the output terminal 3 respectively. In point  $D_1$  and  $D_2$  each reactance values are negative.

[0093]First by setting signal frequency  $f_1$  and reactance  $X_1$  of the 1st reactive circuit 10a in  $f_2$  as a respectively suitable value Both sides of point  $D_1$  and  $D_2$  are moved to point  $C_1$  and  $C_2$  on circle  $A'$  with an admittance value equal to  $(1/50\text{ohm})$  respectively. If it puts in another way reactance  $X_1$  of the 1st reactive circuit 10a will be set up so that the admittance value may become equal to  $(1/50\text{ohm})$ .

[0094]next a thing for which a value of reactance  $X_2$  of the 2nd reactive circuit 20a in signal frequency  $f_1$  and  $f_2$  is set up suitably — circle  $A'$  — both sides of point  $C_1$  which is upwards and  $C_2$  are moved in accordance with the circumference of circle  $A'$  and it lays on top of the central point  $O$  respectively. If it puts in another way by adjusting reactance  $X_2$  of the 2nd reactive circuit 20a It is made for a reactance component of the impedance matching circuits 1a to be set to 0 keeping an admittance value of the impedance matching circuits 1a connected to load at  $(1/50\text{ohm})$ . In this way a value of an input impedance of the high frequency circuit 4 by the side of the output terminal 3 is matched with output impedance of 50 ohms of the high frequency circuit 5 by the side of the input terminal 2 in both sides of desired signal frequency  $f_1$  and  $f_2$ .

[0095]On the other hand such movement is impossible in the conventional impedance matching circuits 110 shown in drawing 40. The reason is explained using drawing 5 and drawing 6. Drawing 5 shows the conventional impedance matching circuits 110 shown in drawing 40 and the high frequency circuit 140 connected to an output side of the circuit 110 and drawing 6 shows a smith chart for explaining operation of the impedance matching circuits 110. In drawing 5 circuits which are unrelated to matching operations such as a circuit which gives direct-current bias to the transistor  $Tr$  of the high frequency circuit 140 are excluded.

[0096]That impedance cannot be made to match in both sides of signal frequency  $f_1$  and  $f_2$  in the conventional impedance matching circuits 110 shown in drawing 5 It is because this circuit 110 comprises the coil 111 (inductance  $L_{111}$ ) connected to the two terminals 131 and 132 and the coil 112 (inductance  $L_{112}$ ) connected between the terminal 131 and grounding. That is the frequency characteristic of reactance  $X_{111}$  of the coils 111 and 112 and  $X_{112}$  is expressed with a straight line which passes along the starting point  $O$  by each as shown in drawing 4 (b) and it increases in monotone in proportion to the frequency  $f$ . Those slopes of a line are equal to reactance  $X_{111}$  and  $X_{112}$  respectively. Therefore if the signal frequency  $f$  is decided a value of reactance  $X_{111}$  and  $X_{112}$  is decided naturally in different signal frequency  $f_1$  and  $f_2$   $X_{111}$  has a mutually different value and  $X_{112}$  is also the same [ \*\*111\*\* ].

[0097]Therefore in a smith chart of drawing 6 by reactance  $X_{111}$  of the coil 111. Supposing point  $D_1$  which shows an input impedance of the high frequency circuit 140 in frequency  $f_1$  was made to move to point  $C_1$  on the circumference of circle  $A'$  Point  $D_2$  which shows an input impedance of the high frequency circuit 140 in frequency  $f_2$  will move to point  $C_3$  on the circumference of the circle  $B$  passing through the corner point  $F$ . In point  $C_3$  on the circle  $B$  an admittance value is not equal to  $(1/50\text{ohm})$ . For

this reason by adjustment of reactance  $X_{112}$  of the coil 112 although point  $C_1$  is movable to the central point O in that case point  $C_3$  moves to point  $C_4$  on the circle B. That is point  $C_3$  cannot be put on the central point O.

[0098] The impedance matching circuits 1a of a 1st embodiment of this invention differ in the conventional impedance matching circuits 110 and have composition as the 1st and 2nd reactive circuit 10a and 20a shows to drawing 2. For this reason by setting signal frequency  $f_1$  and reactance  $X_1$  of the 1st reactive circuit 10a in  $f_2$  as a respectively suitable value to have mentioned above Both sides of point  $D_1$  and  $D_2$  are moved even to point  $C_1$  and  $C_2$  on circle A respectively Then both sides of point  $C_1$  and  $C_2$  can be moved to the starting point O by setting up suitably a value of reactance  $X_2$  of the 2nd reactive circuit 20a in signal frequency  $f_1$  and  $f_2$ . As a result in both sides of different frequency  $f_1$  and  $f_2$  it becomes possible to take matching of impedance among the high frequency circuits 5 and 4.

[0099] (A 2nd embodiment) Drawing 8 – drawing 12 show the impedance matching circuits 1b of a 2nd embodiment of this invention.

[0100] In the impedance matching circuits 1a of a 1st embodiment described previously as shown in drawing 2 the coils 111 and 112 with inductive reactance are used and point  $D_1$  and  $D_2$  are shifted for Masakata in a smith chart of drawing 7. This corresponds to the conventional impedance matching circuits 110 (refer to L-L matching and drawing 40) which use the coils 111 and 112. That is the impedance matching circuits 1a of a 1st embodiment are equivalent to what replaced the coils 111 and 112 of the impedance matching circuits 110 by the 1st and 2nd reactive circuits 10a and 20a respectively. If it puts in another way the 1st and 2nd reactive circuits 10a and 20a are equivalent to the coils 111 and 112 respectively.

[0101] On the other hand the impedance matching circuits 1b with circuitry shown in drawing 12 of a 2nd embodiment It corresponds to conventional impedance-matching-circuits 110' (C-C matching) which uses the capacitors 113 and 114 with capacitance  $C_{113}$  as shown in drawing 8 and  $C_{114}$ . That is the impedance matching circuits 1b of a 2nd embodiment are equivalent to what replaced the capacitors 113 and 114 of impedance-matching-circuits 110' by the 1st and 2nd reactive circuits 30 and 40 respectively. That is the 1st and 2nd reactive circuits 30 and 40 are equivalent to the capacitors 113 and 114 respectively.

[0102] In the impedance matching circuits 1b of a 2nd embodiment in a smith chart point  $D_1$  and  $D_2$  are shifted to a negative direction conversely [ the impedance matching circuits 1a of a 1st embodiment ] so that it may mention later. These impedance matching circuits 1b are suitably applied when high frequency circuit 4' connected to an output side has inductive impedance as shown in drawing 12 (for example when the filter F is included).

[0103] In drawing 8 impedance-matching-circuits 110' which is the former is connected to the input terminal 132 of high frequency circuit 140' which comprises the filter F. Impedance-matching-circuits 110' comprises the capacitor 113 by which both ends

were connected to the output terminal 131 and the input terminal 132 and the capacitor 114 by which one terminal was connected to the output terminal 131 and a terminal of another side was grounded.

[0104] In the impedance matching circuits 1b of a 2nd embodiment as shown in drawing 12 the 1st reactive circuit 30 with reactance  $X_3$  comprises the three reactive elements 31, 32 and 33. The reactive element 31 is a capacitor which has capacitance  $C_{11}$ . The reactive element 32 is a capacitor which has capacitance  $C_{12}$ . The reactive element 33 is a coil which has inductance  $L_1$ . Common connection of one terminal of the capacitor 32 and one terminal of the coil 33 is carried out to the output terminal 3. Common connection of a terminal of another side of the capacitor 32 and the terminal of another side of the coil 33 is carried out to one terminal of the capacitor 31. Therefore the capacitor 32 and the coil 33 of each other are connected in parallel. A terminal of another side of the capacitor 31 is connected to the input terminal 2.

[0105] The capacitor 32 connected in parallel mutually and the coil 33 constitute the parallel resonant circuit 34 which has resonance frequency  $f_{03}$  as shown in drawing 9 (a). Therefore the 1st reactive circuit 30 has the composition with which the parallel resonant circuit 34 was mutually connected with the capacitor 31 in series between the input terminal 2 and the output terminal 3.

[0106] The 2nd reactive circuit 40 with reactance  $X_4$  is the same composition as the 1st reactive circuit 30 and comprises the three reactive elements 41, 42 and 43. The reactive element 41 is a capacitor which has capacitance  $C_{21}$ . The reactive element 42 is a capacitor which has capacitance  $C_{22}$ . The reactive element 43 is a coil which has inductance  $L_2$ . Common connection of one terminal of the capacitor 42 and one terminal of the coil 43 is carried out to one terminal of the capacitor 41. A terminal of another side of the capacitor 42 and a terminal of another side of the coil 43 are grounded in common. Therefore the capacitor 42 and the coil 43 of each other are connected in parallel. A terminal of another side of the capacitor 41 is connected to the input terminal 2.

[0107] The capacitor 42 connected in parallel mutually and the coil 43 constitute the parallel resonant circuit 44 which has resonance frequency  $f_{04}$  as shown in drawing 9 (b). Therefore the 2nd reactive circuit 40 has the composition with which the parallel resonant circuit 44 was mutually connected with the capacitor 41 in series between the input terminal 2 and grounding.

[0108] Here all the two reactive circuits 30 and 40 comprise only a reactance (imaginary component of impedance) and do not include resistance (real component of impedance). However it adds to a reactance and when it includes resistance what is necessary is just to replace the two reactive circuits 30 and 40 by an impedance circuit respectively and it becomes the circuitry same in that case as drawing 1 (a).

[0109] Next the impedance matching circuits 1b with the above composition of a 2nd embodiment explain a reason for the ability to perform impedance matching by two frequency  $f_1$  and  $f_2$ .

[0110] First reactance  $X_{31}$  of the reactive element 31 of the 1st reactive circuit 30 in the signal frequency f i.e. a capacitor is given with the following expression (7).

[0111]

[Equation 7]

[0112] If reactance  $X_{31}$  of the capacitor 31 given with expression (7) is illustrated it will become like drawing 10 (b). That is the frequency characteristic of reactance  $X_{31}$  is given with the curve which makes f axis and  $X_{31}$  axis an asymptote always has a negative value and it increases from  $-\infty$  in monotone as the signal frequency f rises from 0 and it is converged on 0.

[0113] On the other hand reactance  $X_{LC3}$  of the parallel resonant circuit 34 which consists of the capacitor 32 and the coil 33 is given with the following expression (8).

[0114]

[Equation 8]

[0115] If reactance  $X_{LC3}$  of the parallel resonant circuit 34 given with expression (8) is illustrated it will become the same as a case of the parallel resonant circuit 14 of a 1st embodiment shown in drawing 4 (c). That is the frequency characteristic of reactance  $X_{LC3}$  is given with a curve which makes an asymptote a vertical line drawn to resonance frequency  $f_{03}$  of the parallel resonant circuit 14. However resonance frequency  $f_{03}$  is given with the following expression (9).

[0116]

[Equation 9]

[0117] Therefore in the range lower than  $f_{03}$  reactance  $X_{LC3}$  increases from 0 gradually with the rise of f and the signal frequency f increases it to  $+\infty$  as  $f_{03}$  is approached. As reactance  $X_{LC3}$  decreases gradually with reduction in f and the signal frequency f approaches  $f_{03}$  in the range higher than  $f_{03}$  – It reaches infinitely. On the other hand with the increase in f it increases and converges on 0.

[0118] Reactance  $X_3$  of the 1st reactive circuit 30 Since it is the sum of reactance  $X_{31}$  of the coil 31 and reactance  $X_{LC3}$  of the parallel resonant circuit 34 the frequency characteristic of reactance  $X_{31}$  is acquired by compounding the frequency characteristic of drawing 10 (b) and drawing 4 (c). It is shown in drawing 10 (a).

[0119] The frequency characteristic of reactance  $X_3$  of the 1st reactive circuit 30 has the same tendency as the frequency characteristic (refer to drawing 4 (c)) of reactance  $X_{LC3}$  of the parallel resonant circuit 34 so that clearly from drawing 10 (a). Namely reactance  $X_3$  is given with a curve which makes one asymptote vertical line B' lengthened to resonance frequency  $f_{03}$ . The signal frequency f decreases gradually from

+ infinity as the signal frequency  $f$  falls from near the resonance frequency  $f_{03}$  when lower than  $f_{03}$  and it is at the time of  $f = 0$ . – It becomes infinite. Reactance  $X_3$  increases from – infinity gradually and it converges it on 0 as it rises from near the  $f_{03}$  when higher [ the signal frequency  $f$  ] than  $f_{03}$ .

[0120] When the signal frequency  $f$  has a value smaller than resonance frequency  $f_{03}$  so that clearly from drawing 10 (a) reactance  $X_3$  can take a value of from – infinity until + infinity. When the signal frequency  $f$  has a larger value than resonance frequency  $f_{03}$ , reactance  $X_3$  can take arbitrary negative values. On the other hand although it is necessary to set up a value of resonance frequency  $f_{03}$  of the parallel resonant circuit 34 between two desired frequency  $f_1$  and  $f_2$  if a value of  $f_{03}$  is changed in the range asymptote B' which extends in the perpendicular direction will be displaced in accordance with  $f$  (it follows on it and is also characteristic curve) axis. Therefore it is possible by setting up a value of  $f_{03}$  suitably to set independently reactance  $X_3$  in desired matching frequency  $f_1$  and  $f_2$  as a desired value respectively. If it puts in another way a value of reactance  $X_3$  in two frequency  $f_1$  and  $f_2$  which were left enough can be adjusted arbitrarily independently.

[0121] Drawing 10 (a) In – (b)  $X_{31}(f_1)$  and  $X_{31}(f_2)$  A value of reactance  $X_{31}$  of the capacitor 31 in  $f=f_1$  and  $f=f_2$  is shown respectively  $X_3(f_1)$  and  $X_3(f_2)$  show a value of reactance  $X_3$  of the 1st reactive circuit 30 in  $f=f_1$  and  $f=f_2$  respectively.

[0122] Capacitance  $C_{11}$  of the capacitors 31 and 32 in the 1st reactive circuit 30 Although it is difficult to calculate a value of  $C_{12}$  and inductance  $L_1$  of the coil 33 directly and analytically from a value of desired matching frequency  $f_1$  and  $f_2$  and reactance  $X_3$  of the 1st reactive circuit 30 The solution to desired can be calculated by calculating a converged value asymptotically using an electronic computer.

[0123] In a 2nd embodiment value  $X_3(f_1)$  of reactance  $X_3$  of the 1st reactive circuit 30 in frequency  $f_1$  of the lower one can take any value of positive/negative so that clearly from drawing 10 (a) but. Value  $X_3(f_2)$  of reactance  $X_3$  in frequency  $f_2$  of the higher one has restriction that only a negative value can be taken. Therefore the impedance matching circuits 1b of a 2nd embodiment cannot be applied when reactance  $X_3(f_2)$  of the 1st reactive circuit 30 needs to be set as a positive value in frequency  $f_2$ . However this restriction is removable by for example applying a 1st embodiment described previously or the below-mentioned 3rd – either of a 4th embodiment.

[0124] Next the 2nd reactive circuit 40 is explained. Since the 2nd reactive circuit 40 is the same composition as the 1st reactive circuit 30 so that clearly from drawing 9 and drawing 12 the above-mentioned explanation about the 1st reactive circuit 30 can apply as it is. That is reactance  $X_{41}$  of the reactive element 41 of the 2nd reactive circuit 40 i.e. a coil is given with the following expression (10).

[0125]

[Equation 10]



[0126]The frequency characteristic of reactance  $X_{41}$  of the capacitor 41 given with expression (10) is the same as that of drawing 10 (b). That is the frequency characteristic of reactance  $X_{41}$  is given with the curve which makes  $f$  axis and a vertical axis an asymptote always has a negative value and it increases from  $-\infty$  in monotone as the signal frequency  $f$  rises from 0 and it is converged on 0.

[0127]On the other hand reactance  $X_{LC4}$  of the parallel resonant circuit 44 which consists of the capacitor 42 coil 43 is given with the following expression (11).

[0128]

[Equation 11]

[0129]The frequency characteristic of reactance  $X_{LC4}$  of the parallel resonant circuit 44 is given with the curve which makes an asymptote the vertical line drawn to the resonance frequency  $f_{04}$  like drawing 4 (c). However resonance frequency  $f_{04}$  of the parallel resonant circuit 44 is given with the following expression (12).

[0130]

[Equation 12]

[0131]Therefore in the range lower than resonance frequency  $f_{04}$  reactance  $X_{LC4}$  of the parallel resonant circuit 44 increases from 0 gradually with the rise of  $f$  and the signal frequency  $f$  increases it to  $+\infty$  as  $f_{04}$  is approached. As reactance  $X_{LC4}$  decreases gradually with reduction in  $f$  and the signal frequency  $f$  approaches  $f_{04}$  in the range higher than  $f_{04}$  – It reaches infinitely. On the other hand it converges on 0 with the increase in  $f$ .

[0132]Reactance  $X_4$  of the 2nd reactive circuit 40 is the sum of reactance  $X_{41}$  of the capacitor 41 and reactance  $X_{LC4}$  of the parallel resonant circuit 44 so that clearly from circuitry of drawing 9 (b). Therefore the frequency characteristic of reactance  $X_4$  of the 2nd reactive circuit 40 is acquired by compounding the frequency characteristic of drawing 10 (b) and drawing 4 (c). This is the same as that of drawing 10 (a).

[0133]The frequency characteristic of reactance  $X_4$  of the 2nd reactive circuit 40 has the same tendency as the frequency characteristic (refer to drawing 4 (c)) of reactance  $X_{LC4}$  of the parallel resonant circuit 44 so that clearly from drawing 10 (a). Namely the signal frequency  $f$  decreases gradually from  $+\infty$  as the signal frequency  $f$  falls from near the resonance frequency  $f_{04}$  when lower than  $f_{04}$  and reactance  $X_4$  is at the time of  $f = 0$ . – It becomes infinite. Reactance  $X_4$  increases from  $-\infty$  gradually and it converges it on 0 as it rises from near the  $f_{04}$  when higher [ the signal frequency  $f$  ] than  $f_{04}$ .

[0134]When the signal frequency  $f$  has a value smaller than resonance frequency  $f_{04}$  so that clearly from drawing 10 (a) reactance  $X_4$  can take a value of from  $-\infty$

until + infinite. When the signal frequency  $f$  has a larger value than resonance frequency  $f_{04}$ , reactance  $X_4$  can take arbitrary negative values. On the other hand if a value of resonance frequency  $f_{04}$  of the parallel resonant circuit 44 is changed between two desired frequency  $f_1$  and  $f_2$ , asymptote B' (characteristic curve) which extends in the perpendicular direction will be displaced in accordance with  $f$  axis. Therefore it is possible by setting up a value of  $f_{04}$  suitably to set independently reactance  $X_4$  in desired matching frequency  $f_1$  and  $f_2$  as a desired value respectively. If it puts in another way a value of reactance  $X_4$  in two frequency  $f_1$  and  $f_2$  which were left enough can be adjusted arbitrarily independently.

[0135] Capacitance  $C_{21}$  of the coil capacitors 41 and 42 in the 2nd reactive circuit 40 and  $C_{22}$ . Although it is difficult to calculate a value of inductance  $L_2$  of the coil 43 directly and analytically from a value of desired matching frequency  $f_1$  and  $f_2$  and reactance  $X_4$  of the 2nd reactive circuit 40. By calculating a converged value asymptotically using an electronic computer it is possible to calculate the solution to desired.

[0136] Any value of positive/negative can take a value of reactance  $X_4$  in  $f=f_1$  so that clearly from drawing 10 (a) but a value of reactance  $X_4$  in  $f=f_2$  has restriction that only a negative value can be taken. Therefore the impedance matching circuits 1b of a 2nd embodiment cannot be applied when reactance  $X_2$  of the 2nd reactive circuit 40 needs to be set as a positive value in frequency  $f_2$ . However this restriction is removable by for example applying a 1st embodiment described previously or the below-mentioned 3rd – either of a 4th embodiment.

[0137] As stated above according to the impedance matching circuits 1b of a 2nd embodiment of this invention. By setting up suitably a value of reactance  $X_3$  of the 1st and 2nd reactive circuit 30 and 40 in frequency  $f_1$  and  $f_2$  and  $X_4$  respectively. It becomes possible to make an input impedance of high frequency circuit 4' connected to the output impedance [ of the high frequency circuit 5 connected to the input terminal 2 side ] and output terminal 3 side match with an optimum value in two frequency  $f_1$  and  $f_2$  which were left enough respectively. Circuitry of a system which processes a signal of two frequency bands which contain left frequency  $f_1$  and  $f_2$  (for example 820 MHz and 1900 MHz) by this respectively can be simplified.

[0138] Since impedance matching can be carried out to an optimum value in two frequency  $f_1$  and  $f_2$  respectively, power loss resulting from a fall of Q of impedance matching circuits like a conventional example (refer to drawing 34) described previously can be prevented. That is power loss produced in the impedance matching circuits 1a is controlled.

[0139] Next a principle which can perform impedance matching in two frequency  $f_1$  and  $f_2$  by the impedance matching circuits 1b with the above composition of a 2nd embodiment is explained referring to drawing 11. Drawing 11 is a smith chart for explaining a principle of operation of the impedance matching circuits 1b of a 2nd embodiment of this invention. An input impedance of high frequency circuit 4'

connected to the output terminal 3 is made to match with output impedance (= 50ohms) of the high frequency circuit 5 where it was connected to the input terminal 2 like a case of a 1st embodiment using the impedance matching circuits 1b.

[0140]drawing 11 -- a smith chart -- setting -- a point --  $D_1'$  --  $D_2'$  -- -- an output terminal -- three -- connecting -- having had -- a high frequency circuit -- four -- -- signal frequency --  $f_1$  --  $f_2$  -- it can set -- an input impedance -- a value -- respectively -- corresponding . In point  $D_1'$  and  $D_2'$  each reactance values are positive. A reference mark of others in drawing 11 is the same as it of drawing 7.

[0141]First reactance  $X_3$  of the 1st reactive circuit 30 in signal frequency  $f_1$  and  $f_2$  is set as a respectively suitable value both sides of point  $D_1'$  and  $D_2'$  -- the circle A with an admittance value equal to  $(1/50\text{ohm})$  -- it is made to move to 'upper point  $C_1'$  and  $C_2'$  respectively

[0142]next -- setting up suitably a value of reactance  $X_4$  of the 2nd reactive circuit 40 in signal frequency  $f_1$  and  $f_2$  -- circle A' -- both sides of point  $C_1'$  which is upwards and  $C_2'$  are moved in accordance with the circumference of circle A' and it lays on top of the central point O respectively. In this way a value of an input impedance of high frequency circuit 4' by the side of the output terminal 3 is matched with output impedance of 50 ohms of the high frequency circuit 5 by the side of the input terminal 2 in both sides of desired signal frequency  $f_1$  and  $f_2$ .

[0143]On the other hand in conventional impedance-matching-circuits 110' as shown in drawing 8 such movement is impossible. this -- this conventional example -- point  $D_1'$  -- circle A' with an admittance value equal to  $(1/50\text{ohm})$  -- it is because point  $D_2'$  will move to point  $C_3'$  on the circle B if it is made to move to upper point  $C_1'$ .

[0144]As explained above in the impedance matching circuits 1b of a 2nd embodiment of this invention. Since it has composition as the 1st and 2nd reactive circuit 30 and 40 shows to drawing 12 By setting reactance  $X_3$  of the 1st reactive circuit 30 in signal frequency  $f_1$  and  $f_2$  as a respectively suitable value Both sides of point  $D_1'$  and  $D_2'$  are moved to point  $C_1'$  and  $C_2'$  on the circle A respectively Then both sides of point  $C_1'$  and  $C_2'$  can be moved to the starting point O by setting up suitably a value of reactance  $X_4$  of the 2nd reactive circuit 40 in signal frequency  $f_1$  and  $f_2$ . As a result in both sides of different frequency  $f_1$  and  $f_2$  it becomes possible to take matching of impedance among the high frequency circuits 5 and 4.

[0145](A 3rd embodiment) Drawing 13 is a circuit diagram showing the 1st reactive circuit 50 used for impedance matching circuits of a 3rd embodiment of this invention.

[0146]In the impedance matching circuits 1a (refer to drawing 2) of a 1st embodiment described previously when frequency is  $f_1$  and reactance  $X_1$  or  $X_2$  needs to have a negative value impedance matching cannot be realized. In the impedance matching circuits 1b (refer to drawing 12) of a 2nd embodiment when frequency is  $f_2$  and reactance  $X_3$  or  $X_4$  needs to have a positive value impedance matching cannot be realized. However in impedance matching circuits of a 3rd embodiment such a problem

is solved and any reactance can take a value of positive/negative and both sides.

[0147]In drawing 13 the 1st reactive circuit 50 comprises the four reactive elements 51, 52, 53 and 54. The reactive elements 51 and 54 are coils which have inductance  $L_{11}$  and  $L_{12}$  respectively. The reactive elements 52 and 53 are capacitors which have capacitance  $C_{11}$  and  $C_{12}$  respectively. Common connection of one terminal of the coil 54 and one terminal of the capacitor 53 is carried out to the output terminal 3.

Common connection of a terminal of another side of the coil 54 and the terminal of another side of the capacitor 53 is carried out to one terminal of the capacitor 52. Therefore the coil 54 and the capacitor 53 of each other are connected in parallel. A terminal of another side of the capacitor 52 is connected to one terminal of the coil 51. A terminal of another side of the coil 51 is connected to the input terminal 2.

[0148]The coil 54 connected in parallel mutually and the capacitor 53 constitute the parallel resonant circuit 55 which has resonance frequency  $f_{05}$ . Therefore the 1st reactive circuit 50 has the composition to which the coil 51, the capacitor 52 and the parallel resonant circuit 55 were connected in series mutually between the input terminal 2 and the output terminal 3.

[0149]The frequency characteristic of reactance  $X_s$  of the 1st reactive circuit 50 is acquired by compounding the frequency characteristic of the coil 51 (refer to drawing 4 (b)) the capacitor 52 (refer to drawing 10 (b)) and the parallel resonant circuit 55 (refer to drawing 4 (c)). If it puts in another way the frequency characteristic of reactance  $X_s$  is equal to the sum of the frequency characteristic of drawing 4 (a) and drawing 10 (b). It is shown in drawing 14. In both sides of frequency  $f_1$  and  $f_2$  reactance  $X_s$  can take any value of positive/negative so that clearly from drawing 14.

Therefore there is an advantage that restriction described in these 1st and 2nd examples is removed in addition to an advantage which the 1st and 2nd above-mentioned examples have.

[0150]Although the 2nd reactive circuit that is not illustrated is usually considered as the same composition as the 1st reactive circuit 50 it is not limited to this. Circuitry of the 2nd reactive circuit can also be made the same as it of a 1st embodiment or a 2nd embodiment.

[0151](A 4th embodiment) Drawing 15 is a circuit diagram showing the 1st reactive circuit 50A used for impedance matching circuits of a 4th embodiment of this invention. This is equivalent to a modification of a 3rd embodiment.

[0152]In drawing 15 the 1st reactive circuit 50A with reactance  $X_s$  'It has the composition which added the two reactive elements 56 and 57 to the 1st reactive circuit 50 (refer to drawing 13) of a 3rd embodiment that comprises the four reactive elements 51, 52, 53 and 54. A capacitor by which the added reactive element 56 has capacitance  $C_{13}$  and the added reactive element 57 are coils which have inductance  $L_{13}$ .

[0153]Common connection of one terminal of the capacitor 56 and one terminal of the coil 57 is carried out to the output terminal 3. Common connection of a terminal

of another side of the capacitor 56 and the terminal of another side of the coil 57 is carried out to a terminal of the capacitor 53 by which common connection was carried out and the coil 54. In this way the capacitor 56 connected in parallel mutually and the coil 57 constitute the parallel resonant circuit 58 which has resonance frequency  $f_{06}$ . Therefore the 1st reactive circuit 50A has the composition to which the coil 51, the capacitor 52, the parallel resonant circuit 55 and the parallel resonant circuit 58 were connected in series mutually between the input terminal 2 and the output terminal 3.

[0154] Drawing 16 is a frequency characteristic figure of reactance  $X_5'$  of impedance matching circuits with the above composition of a 4th embodiment. This is equal to what compounded the frequency characteristic (refer to drawing 14) of the 1st reactive circuit 50 of a 3rd embodiment and the frequency characteristic (refer to drawing 4 (c)) of the parallel resonant circuit 58.

[0155] In each of three signal frequency  $f_1, f_2$  and  $f_3$ , reactance  $X_5'$  can take any value of positive/negative so that clearly from drawing 16. To an advantage which the 1st and 2nd above-mentioned examples have, therefore, in addition, three frequency  $f_1, f_2$  and  $f_3$  set respectively, there is an advantage that optimal impedance matching becomes possible and there is also an advantage that restriction described in the 1st and 2nd examples is removed further.

[0156] Although the 2nd reactive circuit that is not illustrated is usually considered as the same composition as the 1st reactive circuit 50A, it is not limited to this. Composition of either the 1st – a 3rd embodiment is [circuitry of the 2nd reactive circuit] also employable if needed.

[0157] Although impedance is made to match in three frequency  $f_1, f_2$  and  $f_3$  in impedance matching circuits of a 4th embodiment of the above respectively, by adding a parallel resonant circuit further like this, it cannot be overemphasized that impedance can be made to match in each of four or more frequency.

[0158] (A 5th embodiment) According to the 1st mentioned above – a 4th embodiment, each of the 1st and 2nd reactive circuit includes a “parallel resonant circuit.” However, this invention is not limited to this but it can also be constituted so that it may explain below and each reactive circuit may include a “series resonant circuit.”

[0159] Drawing 17 (a) shows the reactive circuit 71 which consists only of the capacitor 61 with capacitance  $C_{01}$ . Admittance  $Y_c$  of this reactive circuit 71 is given with the following expression (13).

[0160]

[Equation 13]

[0161] The frequency characteristic of admittance  $Y_c$  given with expression (13) comes to be shown in drawing 17 (b). This characteristic has the same tendency as

the frequency characteristic of reactance  $X_{11}$  of drawing 4 (b).

[0162]Drawing 18 (a) shows the reactive circuit 72 which consists only of the coil 62 with inductance  $L_{01}$ . Admittance  $Y_L$  of this reactive circuit 72 is given with the following expression (14).

[0163]

[Equation 14]

[0164]The frequency characteristic of admittance  $Y_L$  given with expression (14) comes to be shown in drawing 18 (b). This characteristic has the same tendency as the frequency characteristic of reactance  $X_{31}$  of drawing 10 (b).

[0165]Drawing 19 (a) shows the reactive circuit 73 which connects the capacitor 61 with capacitance  $C_{01}$  and the coil 62 with inductance  $L_{01}$  in series. A circuit which consists of the capacitor 61 and the coil 62 constitutes the series resonant circuit 81 with resonance frequency  $f_0$ . Admittance  $Y_{LC}$  of this reactive circuit 73 (namely series resonant circuit 81) is given with the following expression (15).

[0166]

[Equation 15]

[0167]The frequency characteristic of admittance  $Y_{LC}$  given with expression (15) comes to be shown in drawing 19 (b). This characteristic has the same tendency as the frequency characteristic of reactance  $X_{LC1}$  of the parallel resonant circuit 14 of drawing 4 (c). That is the frequency characteristic of reactance  $X_{LC1}$  is given with the curve which makes one asymptote the vertical line drawn to  $f=f_0$ . However  $f_0$  is the resonance frequency of the series resonant circuit 81 and is given with the following expression (16).

[0168]

[Equation 16]

[0169]Drawing 20 (a) shows the reactive circuit 74 which carries out multiple connection of the capacitor 63 which has capacitance  $C_{02}$  in the series resonant circuit 81 of drawing 19 (a). The frequency characteristic of admittance  $Y_1$  of this reactive circuit 74 comes to be shown in drawing 20 (b). This characteristic has the same tendency as the frequency characteristic of reactance  $X_1$  of the 1st reactive circuit 10a of drawing 4 (a).

[0170]In impedance matching circuits of a 5th embodiment of this invention the reactive circuit 74 of drawing 20 (a) is used as the 1st and 2nd reactive circuits. Other composition is the same as it of a 1st embodiment.

[0171]Since it is equal to a reciprocal of impedance the admittance can take any value

also with impedance if admittance can be set as any value. By therefore a method that it is the same with having explained in a 1st embodiment even when using a smith chart shown in drawing 7 and the reactive circuit 74 of drawing 20 (a) is used. By setting a reactance (or admittance) of the 1st and 2nd reactive circuits in signal frequency  $f_1$  and  $f_2$  as a respectively suitable value Both sides of two points corresponding to an input impedance of the high frequency circuit 4 in signal frequency  $f_1$  and  $f_2$  can be moved to the central point O. As a result in both sides of different frequency  $f_1$  and  $f_2$  it is possible to take matching of impedance to an optimum value between two high frequency circuits.

[0172](A 6th embodiment) Drawing 21 (a) shows the reactive circuit 75 which carries out multiple connection of the coil 64 which has inductance  $L_{02}$  in the series resonant circuit 81 of drawing 19 (a). Since the frequency characteristic of admittance  $Y_2$  of this reactive circuit 75 is the sum of the frequency characteristic of drawing 19 (b) and drawing 18 (b) it comes to be shown in drawing 21 (b). This characteristic has the same tendency as the frequency characteristic of reactance  $X_3$  of the reactive circuit 20 of drawing 10 (a).

[0173]In impedance matching circuits of a 6th embodiment of this invention the reactive circuit 75 of drawing 21 (a) is used as the 1st and 2nd reactive circuits. Other composition is the same as it of a 2nd embodiment.

[0174](A 7th embodiment) Drawing 22 (a) shows the reactive circuit 76 which carries out multiple connection of the capacitor 63 which has capacitance  $C_{02}$  in the series resonant circuit 81 of drawing 19 (a) and the coil 64 which has inductance  $L_{02}$ . Since the frequency characteristic of admittance  $Y_3$  of this reactive circuit 76 is the sum of the frequency characteristic of drawing 21 (b) and drawing 17 (b) it comes to be shown in drawing 22 (b). This characteristic has the same tendency as the frequency characteristic (refer to drawing 14) of reactance  $X_5$  of the reactive circuit 50 of drawing 13.

[0175]In impedance matching circuits of a 7th embodiment of this invention the reactive circuit 76 of drawing 22 (a) is used as the 1st and 2nd reactive circuits. Other composition is the same as it of a 3rd embodiment.

[0176](An 8th embodiment) Drawing 23 (a) The series resonant circuit 81 of drawing 19 (a) The reactive circuit 77 which carries out multiple connection of the series resonant circuit 82 with the same composition as it the capacitor 63 which has capacitance  $C_{02}$  and the coil 64 which has inductance  $L_{02}$  is shown. The series resonant circuit 82 connects coil 62' with capacitor 61' and inductance  $L_{01}'$  with capacitance  $C_{01}'$  in series and is constituted.

[0177]Since the frequency characteristic of admittance  $Y_4$  of this reactive circuit 76 is the sum of the frequency characteristic of drawing 22 (b) and drawing 20 (b) it comes to be shown in drawing 23 (b). This characteristic has the same tendency as the frequency characteristic (refer to drawing 16) of reactance  $X_5'$  of the reactive circuit 50A of drawing 15. In drawing 20 (b)  $f_{02}$  is the resonance frequency of the

series resonant circuit 82.

[0178]In impedance matching circuits of an 8th embodiment of this invention the reactive circuit 77 of drawing 23 (a) is used as the 1st and 2nd reactive circuits. Other composition is the same as it of a 4th embodiment.

[0179](Condition of use) Drawing 24 is a circuit diagram showing condition of use of impedance matching circuits of this invention and shows a case where impedance matching circuits of this invention are applied to a receiver of wireless radios.

[0180]Between filter F1 provided in the antenna side and the transistor Tr of the high frequency circuit 4 impedance-matching-circuits 1a' is provided and impedance-matching-circuits 1a'' is provided between the transistor Tr of the high frequency circuit 4 and the filter F2 formed in the frequency mixer side. Impedance-matching-circuits 1a' and 1a'' comprise the 2nd reactive circuit 20a (refer to drawing 2) of a 1st embodiment and the 1st reactive circuit 30 (refer to drawing 12) of a 2nd embodiment respectively. A resistor and  $C_p$  of  $R_1$  and  $R_2$  are capacitors.

[0181]Drawing 25 is a block diagram showing circuitry at the time of applying impedance matching circuits of this invention to a receiver of circuitry shown in drawing 38 or drawing 39. In drawing 25 the high-frequency amplifier 102c which can amplify both sides of an input signal of these both frequency bands is used that it should use in common in both frequency bands of 820 MHz bands and 1900 MHz bands. The other composition is the same as it of drawing 39. By considering it as this circuitry the high-frequency amplifier 102c has the suitable VSWR-f characteristic shown in drawing 35 (b).

[0182](Modification) Drawing 26 – drawing 27 are the circuit diagrams showing a modification of impedance matching circuits of this invention.

[0183]As stated previously a 1st embodiment (refer to drawing 2) of this invention has the composition of "L-L matching" and a 2nd embodiment (refer to drawing 12) has the composition of "C-C matching." However this invention is not limited to these composition.

[0184]That is drawing 26 (a) shows impedance matching circuits of composition of the conventional "L-C matching." This circuit comprises the coil 132 connected among the input terminals 2 and 2 and the capacitor 131 connected between the input terminal 2 and the output terminal 3.

[0185]Impedance matching circuits of this invention corresponding to this composition become composition as shown for example in drawing 26 (b). A reference mark in drawing 26 (b) is the same as what was used by 1st and 2nd embodiments.

[0186]Drawing 27 (a) shows impedance matching circuits of composition of the conventional "C-L matching." This circuit comprises the capacitor 134 connected among the input terminals 2 and 2 and the coil 133 connected between the input terminal 2 and the output terminal 3.

[0187]Impedance matching circuits of this invention corresponding to this composition become composition as shown for example in drawing 27 (b). A reference mark in



drawing 27 (b) is the same as what was used by 1st and 2nd embodiments.

[0188] Although drawing 28 – drawing 33 are also the circuit diagrams showing a modification of impedance matching circuits of this invention drawing 26 – differs from drawing 27 and it shows a modification of connection of each impedance circuit between the input terminals 2 and 2 and the output terminals 3 and 3.

[0189] In connection of drawing 28 although the impedance matching circuits 1 comprise the 1st and 2nd impedance circuit 10 and 20 that has impedance  $Z_1$  and  $Z_2$  respectively like drawing 1 (a) the connection methods differ. That is two terminals of the 1st impedance circuit 10 are connected to the input terminal 2 and the output terminal 3 respectively. One terminal of the 2nd impedance circuit 20 is connected to the output terminal 3 and common connection of the terminal of another side is carried out to input terminal 2' and output terminal 3'.

[0190] Unlike drawing 1 (a) the impedance matching circuits 1 are constituted from impedance  $Z_1, Z_2$  the 1st 2nd and 3rd impedance circuit 10 with  $Z_3$  and 20 and 30 by connection of drawing 29 respectively. The 1st and 2nd impedance circuit 10 and 20 is mutually connected in series between the input terminal 2 and the output terminal 3. One terminal of 3rd impedance circuit 30' is connected at a node of the 1st and 2nd impedance circuit 10 and 20 and common connection of the terminal of another side is carried out to input terminal 2' and output terminal 3'.

[0191] The impedance matching circuits 1 are constituted from impedance  $Z_1, Z_2$  the 1st 2nd and 3rd impedance circuit 10 with  $Z_3$  and 20 and 30 like drawing 29 by connection of drawing 30 respectively. The 1st impedance circuit 10 is connected among the input terminals 2 and 2. 3rd impedance circuit 30' is connected among the output terminals 3 and 3. Two terminals of the 2nd impedance circuit 20 are connected to the input terminal 2 and the output terminal 3 respectively.

[0192] In connection of drawing 31 the impedance matching circuits 1 differ from drawing 1 (a) It comprises the 1st 2nd 3rd 4th and 5th impedance circuit 10 that has impedance  $Z_1, Z_2, Z_3, Z_4$  and  $Z_5$  respectively 20 and 30 and 40 and 50. The 1st 2nd and 3rd impedance circuit 10 and connection of 20 and 30 are the same as a case of drawing 29. It is mutually connected in series between input terminal 2' and output terminal 3' in the 4th and 5th impedance circuit 40 and 50. One terminal of 3rd impedance circuit 30' is connected at a node of the 1st and 2nd impedance circuit 10 and 20 and a terminal of another side is connected at a node of the 4th and 5th impedance circuit 40 and 50.

[0193] The impedance matching circuits 1 are constituted from the 1st 2nd 3rd and 4th impedance circuit 10 and 20 that has impedance  $Z_1, Z_2, Z_3$  and  $Z_4$  respectively and 30 and 40 by connection of drawing 32. The 1st impedance circuit 10 is connected among the input terminals 2 and 2. The 2nd impedance circuit 20 is connected between the input terminal 2 and the output terminal 3. 3rd impedance circuit 30' is connected among the output terminals 3 and 3. 4th impedance circuit 40' is connected between input terminal 2' and output terminal 3'.

[0194]The impedance matching circuits 1 are constituted from the 1st, 2nd and 3rd impedance circuit 10 that has impedance  $Z_1$ ,  $Z_2$  and  $Z_3$  respectively and 20 and 30 by connection of drawing 33. The 1st impedance circuit 10 is connected between the input terminal 2 and the output terminal 3. The 2nd impedance circuit 20 is connected between input terminal 2' and output terminal 3'. 3rd impedance circuit 30' is connected among the output terminals 3 and 3'.

[0195]As each impedance circuit of drawing 28 – drawing 33 composition of impedance matching circuits of this invention can be used.

[0196]Although various connection modes can be considered besides what was shown in drawing 28 – drawing 33 this invention is applicable also to which connection mode.

[0197]As for this invention although the 1–4th embodiments mentioned above described an example which matches impedance of two high frequency circuits with 50 ohms it is needless to say that it is not limited to this. Although the 1–8th embodiments mentioned above explained an example applied to a receiving circuit built in a cellular phone it cannot be overemphasized that an applied object of this invention is not limited in this case. For example impedance matching circuits of this invention can be applied also to a sending circuit built in a cellular phone and can be applied to other arbitrary electronic circuits which still need impedance matching.

[0198]

[Effect of the Invention]According to the impedance-matching method of this invention and the impedance matching circuits the impedance of said 1st circuit and the 2nd circuit can be made to match with those optimum values in each of the frequency band beyond two or it which was left mutually as explained above. It becomes possible to simplify the circuitry of the system which can process the signal of the frequency band beyond two or it which separated mutually. The increase in the power loss resulting from impedance matching is not produced.

---

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1]The circuit diagram in which (a) shows the example of composition of the impedance matching circuits of this invention and (b) are the circuit diagrams showing the basic constitution of the impedance matching circuits of a 1st embodiment of this invention.

[Drawing 2]It is a circuit diagram showing the concrete composition of the impedance matching circuits of a 1st embodiment of this invention.

[Drawing 3]The circuit diagram of the 1st reactive circuit of the impedance matching circuits of a 1st embodiment that shows drawing 2 (a) and (b) are the circuit diagrams of the 2nd reactive circuit.

[Drawing 4]The frequency characteristic figure of the reactance of the 1st reactive

circuit in the impedance matching circuits which show drawing 2 (a)(b) is a frequency characteristic figure of the reactance of the coil used for the 1st reactive circuit and a frequency characteristic figure of the reactance of the parallel resonant circuit where (c) was used for the 1st reactive circuit.

[Drawing 5] It is a circuit diagram of the conventional impedance matching circuits shown in drawing 40.

[Drawing 6] It is a smith chart which shows operation of the conventional impedance matching circuits shown in drawing 5.

[Drawing 7] It is a smith chart which shows operation of the 1st reactive circuit of the impedance matching circuits of a 1st embodiment shown in drawing 2.

[Drawing 8] In the 1st conventional impedance matching circuits shown in drawing 40 it is a circuit diagram of the conventional impedance matching circuits which replaced each coil with the capacitor.

[Drawing 9] The circuit diagram of the 1st reactive circuit of the impedance matching circuits of a 2nd embodiment of this invention which shows drawing 12 (a) and (b) are the circuit diagrams of the 2nd reactive circuit.

[Drawing 10] It is a frequency characteristic figure of the reactance of the capacitor by which (a) was used for the frequency characteristic figure of the reactance of the 1st reactive circuit of the impedance matching circuits of a 2nd embodiment and (b) was used for the 1st reactive circuit.

[Drawing 11] It is a smith chart which shows operation of the 1st reactive circuit of the impedance matching circuits of a 2nd embodiment.

[Drawing 12] It is a circuit diagram showing the circuitry of the impedance matching circuits of a 2nd embodiment of this invention.

[Drawing 13] It is a circuit diagram of the 1st reactive circuit used for the impedance matching circuits of a 3rd embodiment of this invention.

[Drawing 14] It is a frequency characteristic figure of the reactance of the 1st reactive circuit used for the impedance matching circuits of a 3rd embodiment of this invention shown in drawing 13.

[Drawing 15] It is a circuit diagram of the 1st reactive circuit used for the impedance matching circuits of a 4th embodiment of this invention.

[Drawing 16] It is a frequency characteristic figure of the reactance of the 1st reactive circuit of using it for the impedance matching circuits of a 4th embodiment of this invention shown in drawing 15.

[Drawing 17] It is the circuit diagram and the frequency characteristic figure of admittance of the reactive circuit which consists only of capacitors.

[Drawing 18] It is the circuit diagram and the frequency characteristic figure of admittance of the reactive circuit which consists only of coils.

[Drawing 19] It is the circuit diagram and the frequency characteristic figure of admittance of the reactive circuit which consists of a capacitor by which the series connection was carried out and a coil.

[Drawing 20] It is the circuit diagram and the frequency characteristic figure of admittance of the series resonant circuit which is used for the reactive circuit of the impedance matching circuits of a 5th embodiment of this invention and which consists of a capacitor and a coil and the reactive circuit which consists of a capacitor connected in parallel with it.

[Drawing 21] It is the circuit diagram and the frequency characteristic figure of admittance of the series resonant circuit which is used for the reactive circuit of the impedance matching circuits of a 6th embodiment of this invention and which consists of a capacitor and a coil and the reactive circuit which consists of a coil connected in parallel with it.

[Drawing 22] It is the circuit diagram and the frequency characteristic figure of admittance of the series resonant circuit which is used for the reactive circuit of the impedance matching circuits of a 7th embodiment of this invention and which consists of a capacitor and a coil and the reactive circuit which consists of the capacitor and coil which were connected in parallel with it.

[Drawing 23] Two series resonant circuits which are used for the reactive circuit of the impedance matching circuits of an 8th embodiment of this invention and where each consists of a capacitor and a coil. It is the circuit diagram which connects a capacitor and a coil in parallel and the frequency characteristic figure of admittance of a reactive circuit.

[Drawing 24] It is a circuit diagram showing the concrete composition at the time of applying the impedance matching circuits of this invention to the receiver of wireless radios.

[Drawing 25] It is a block diagram showing the circuitry at the time of applying the impedance matching circuits of this invention to the receiver of the circuitry shown in drawing 38 or drawing 39.

[Drawing 26] It is a circuit diagram showing the modification of the conventional impedance matching circuits with the composition of "L-C matching" and the impedance matching circuits of this invention.

[Drawing 27] It is a circuit diagram showing the modification of the conventional impedance matching circuits with the composition of "C-L matching" and the impedance matching circuits of this invention.

[Drawing 28] It is a circuit diagram showing the modification of connection of the impedance circuit between the input terminal pairs and the output terminal pair which can apply the impedance matching circuits of this invention.

[Drawing 29] It is a circuit diagram showing other modifications of connection of the impedance circuit between the input terminal pairs and the output terminal pair which can apply the impedance matching circuits of this invention.

[Drawing 30] It is a circuit diagram showing the modification of further others of connection of the impedance circuit between the input terminal pairs and the output terminal pair which can apply the impedance matching circuits of this invention.

[Drawing 31] It is a circuit diagram showing the modification of further others of connection of the impedance circuit between the input terminal pairs and the output terminal pair which can apply the impedance matching circuits of this invention.

[Drawing 32] It is a circuit diagram showing the modification of further others of connection of the impedance circuit between the input terminal pairs and the output terminal pair which can apply the impedance matching circuits of this invention.

[Drawing 33] It is a circuit diagram showing the modification of further others of connection of the impedance circuit between the input terminal pairs and the output terminal pair which can apply the impedance matching circuits of this invention.

[Drawing 34] It is a frequency characteristic figure of VSWR of the conventional single band receiving circuit (refer to drawing 37) used for a portable telephone.

[Drawing 35] It is a frequency characteristic figure of VSWR of the conventional 2 band receiving circuit (refer to drawing 38 and drawing 39) used for a portable telephone.

[Drawing 36] It is a frequency characteristic figure of VSWR of the conventional 2 band receiving circuit used for a portable telephone.

[Drawing 37] It is a circuit diagram showing the example of composition of the conventional single band receiving circuit used for a portable telephone.

[Drawing 38] It is a circuit diagram showing the example of composition of the conventional 2 band receiving circuit used for a portable telephone.

[Drawing 39] It is a circuit diagram showing other examples of composition of the conventional 2 band receiving circuit used for a portable telephone.

[Drawing 40] It is a circuit diagram showing the example of composition of the conventional impedance matching circuits.

[Description of Notations]

1 and 1a impedance matching circuits

2 and 2' input terminal

3 and 3' output terminal

4 and 5 High frequency circuit

10 The 1st impedance circuit

10a The 1st reactive circuit

11 and 12 Coil

13 Capacitor

14 Parallel resonant circuit

20 The 2nd impedance circuit

20a The 2nd reactive circuit

21 and 22 Coil

23 Capacitor

24 Parallel resonant circuit

30 The 1st reactive circuit

The 30' 3rd impedance circuit

31 and 32 Capacitor  
33 Coil  
34 Parallel resonant circuit  
40 The 2nd reactive circuit  
The 40' 4th impedance circuit  
41 and 42 Capacitor  
43 Coil  
44 Parallel resonant circuit  
50 50A The 1st reactive circuit  
The 50' 5th impedance circuit  
5154and 57 Coil  
5253and 56 Capacitor  
55 and 58 Parallel resonant circuit  
6161and 63 Capacitor  
6262and 64 Coil  
81 and 82 Series resonant circuit  
101 Antenna  
102c High-frequency amplifier  
103 Frequency mixer  
104a and 104b Local oscillator  
105 Intermediary frequency amplifier  
106 Demodulator  
110 Switch

---

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-36721

(P2000-36721A)

(43) 公開日 平成12年2月2日 (2000.2.2)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テームコード* (参考)
H 0 3 H 7/38		H 0 3 H 7/38	Z
H 0 3 F 3/191		H 0 3 F 3/191	

審査請求 有 請求項の数27 O L (全 30 頁)

(21) 出願番号	特願平11-130834	(71) 出願人	000004237 日本電気株式会社 東京都港区芝五丁目7番1号
(22) 出願日	平成11年5月12日 (1999.5.12)	(72) 発明者	尾頃 和夫 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社社内
(31) 優先権主張番号	特願平10-129075	(74) 代理人	100095706 弁理士 泉 克文
(32) 優先日	平成10年5月12日 (1998.5.12)		
(33) 優先権主張国	日本 (J P)		

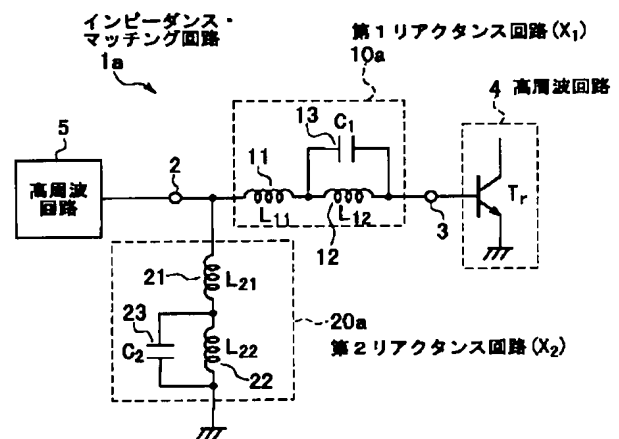
(54) 【発明の名称】 インピーダンス・マッチング方法とインピーダンス・マッチング回路

(57) 【要約】

【目的】 異なる周波数帯においてインピーダンスを最適値にマッチング可能にする。

【構成】 リアクタンス  $X_1$  を有する第1リアクタンス回路10aと、リアクタンス  $X_2$  を有する第2リアクタンス回路20aを設ける。第1リアクタンス回路10aは、コイル12とコンデンサ13からなる並列共振回路と、それに直列接続されたコイル11から構成する。第2リアクタンス回路20aは、コイル22とコンデンサ23からなる並列共振回路と、それに直列接続されたコイル21から構成する。各リアクタンス回路10a、20aは、二つ以上の異なる周波数でそれぞれ所定のリアクタンス値を与える周波数特性を持つ。

(図2)



**【特許請求の範囲】**

【請求項 1】 複数のリアクタンス素子を含むインピーダンス・マッチング回路を用いて、第 1 回路と第 2 回路の間で二つ以上の異なる周波数におけるインピーダンス・マッチングを行うインピーダンス・マッチング方法において、

前記インピーダンス・マッチング回路内の複数のリアクタンス素子の各々と等価であり、しかも前記二つ以上の異なる周波数においてそれぞれ所望のリアクタンス値を与える周波数特性を持つリアクタンス回路を構成する第 1 ステップと、

前記第 1 ステップで構成された前記リアクタンス回路の各々を形成するリアクタンス素子のリアクタンス値を算出する第 2 ステップと、

前記第 2 ステップで算出されたリアクタンス値を有する前記リアクタンス回路を用いて、前記二つ以上の異なる周波数において前記インピーダンス・マッチング回路のインピーダンス値を決定し、もってそれら異なる周波数において前記第 1 回路のインピーダンス値と前記第 2 回路のインピーダンス値をそれらの最適値にマッチングさせる第 3 ステップとを備えたことを特徴とするインピーダンス・マッチング方法。

【請求項 2】 前記第 1 ステップで構成された前記リアクタンス回路の各々が共振回路を含んでおり、しかもその共振回路の共振周波数は、前記二つ以上の異なる周波数のうちの隣接する二つの周波数の間に位置している請求項 1 に記載のインピーダンス・マッチング方法。

【請求項 3】 前記共振回路が、複数のリアクタンス素子の並列共振回路である請求項 2 に記載のインピーダンス・マッチング方法。

【請求項 4】 前記共振回路が、互いに並列に接続された誘導性リアクタンス素子と容量性リアクタンス素子を含む並列共振回路である請求項 2 に記載のインピーダンス・マッチング方法。

【請求項 5】 前記共振回路が、複数のリアクタンス素子の直列共振回路である請求項 2 に記載のインピーダンス・マッチング方法。

【請求項 6】 前記共振回路が、互いに直列に接続された誘導性リアクタンス素子と容量性リアクタンス素子を含む直列共振回路である請求項 2 に記載のインピーダンス・マッチング方法。

【請求項 7】 前記第 2 ステップにおけるリアクタンス値の算出が、前記二つ以上の異なる周波数のうちの一つの周波数における前記第 2 回路のインピーダンス値に対応する点を中心点に配置したスミス・チャートまたはアドミッタンス・チャートを使用して行われ、しかも、その際に、

前記二つ以上の異なる周波数における前記第 1 回路のインピーダンス値にそれぞれ対応する点を前記スミス・チャートまたはアドミッタンス・チャート上に配置するス

テップと、

前記スミス・チャートまたはアドミッタンス・チャート上に配置された前記第 1 回路のインピーダンス値にそれぞれ対応する点を、前記スミス・チャートまたはアドミッタンス・チャートの中心点を通る共通の円周上にそれぞれ移動させるステップと、

前記共通の円周上に移動せしめられた前記第 1 回路のインピーダンス値にそれぞれ対応する点を前記中心点に重なるように移動させるステップとが実行される請求項 1～6 のいずれかに記載のインピーダンス・マッチング方法。

【請求項 8】 第 1 回路と第 2 回路の間で二つ以上の異なる周波数におけるインピーダンス・マッチングを行うために使用されるインピーダンス・マッチング回路において、

前記第 1 回路が接続される第 1 端子対と、

前記第 2 回路が接続される第 2 端子対と、

前記第 1 端子対と前記第 2 端子対の間に設けられた複数のインピーダンス回路とを備え、

前記複数のインピーダンス回路の各々は、前記二つ以上の異なる周波数においてそれぞれ所定のリアクタンス値を与える周波数特性を持つリアクタンス回路を有していて、そのリアクタンス回路によってそれら異なる周波数においてそれぞれ所定のインピーダンス値が設定されており、

しかも、それら異なる周波数における前記複数のインピーダンス回路の合成インピーダンス値は、前記第 1 回路のインピーダンス値と前記第 2 回路のインピーダンス値とをそれらの最適値にマッチングさせるように設定されることを特徴とするインピーダンス・マッチング回路。

【請求項 9】 前記複数のリアクタンス回路の各々が共振回路を含んでおり、しかもその共振回路の共振周波数は、前記二つ以上の異なる周波数のうちの隣接する二つの周波数の間に位置している請求項 8 に記載のインピーダンス・マッチング回路。

【請求項 10】 前記共振回路が、複数のリアクタンス素子の並列共振回路である請求項 9 に記載のインピーダンス・マッチング回路。

【請求項 11】 前記共振回路が、互いに並列に接続された誘導性リアクタンス素子と容量性リアクタンス素子を含む並列共振回路である請求項 9 に記載のインピーダンス・マッチング回路。

【請求項 12】 前記共振回路が、互いに並列に接続された誘導性リアクタンス素子と容量性リアクタンス素子を含む並列共振回路であり、しかも、誘導性リアクタンス素子および容量性リアクタンス素子の少なくとも一方が前記並列共振回路に直列に接続されている請求項 9 に記載のインピーダンス・マッチング回路。

【請求項 13】 前記複数のリアクタンス回路の各々が、互いに直列に接続された複数の共振回路を含んでお



り、しかもそれら複数の共振回路の共振周波数の各々は、前記二つ以上の異なる周波数のうちの隣接する二つの周波数の間に位置している請求項 8 に記載のインピーダンス・マッチング回路。

【請求項 14】 前記共振回路の各々が、互いに並列に接続された誘導性リアクタンス素子と容量性リアクタンス素子を含む並列共振回路である請求項 13 に記載のインピーダンス・マッチング回路。

【請求項 15】 前記共振回路の各々が、互いに並列に接続された誘導性リアクタンス素子と容量性リアクタンス素子を含む並列共振回路であり、しかも、誘導性リアクタンス素子および容量性リアクタンス素子の少なくとも一方が前記並列共振回路に直列に接続されている請求項 13 に記載のインピーダンス・マッチング回路。

【請求項 16】 前記共振回路が、複数のリアクタンス素子の直列共振回路である請求項 9 に記載のインピーダンス・マッチング回路。

【請求項 17】 前記共振回路が、互いに直列に接続された誘導性リアクタンス素子と容量性リアクタンス素子を含む直列共振回路である請求項 9 に記載のインピーダンス・マッチング回路。

【請求項 18】 前記共振回路が、互いに直列に接続された誘導性リアクタンス素子と容量性リアクタンス素子とを含む直列共振回路であり、しかも、誘導性リアクタンス素子および容量性リアクタンス素子の少なくとも一方が前記直列共振回路に並列に接続されている請求項 9 に記載のインピーダンス・マッチング回路。

【請求項 19】 前記複数のリアクタンス回路の各々が、互いに並列に接続された複数の共振回路を含んでおり、しかもそれら複数の共振回路の共振周波数の各々は、前記二つ以上の異なる周波数のうちの隣接する二つの周波数の間に位置している請求項 8 に記載のインピーダンス・マッチング回路。

【請求項 20】 前記共振回路の各々が、互いに直列に接続された誘導性リアクタンス素子と容量性リアクタンス素子を含む直列共振回路である請求項 19 に記載のインピーダンス・マッチング回路。

【請求項 21】 前記共振回路の各々が、互いに直列に接続された誘導性リアクタンス素子と容量性リアクタンス素子を含む直列共振回路であり、しかも、誘導性リアクタンス素子および容量性リアクタンス素子の少なくとも一方が前記直列共振回路に並列に接続されている請求項 19 に記載のインピーダンス・マッチング回路。

【請求項 22】 前記複数のインピーダンス回路のうちの 하나가、前記第 1 端子対の一方の端子と前記第 2 端子対の一方の端子とに接続され、前記複数のインピーダンス回路のうちの他の 하나가、前記第 1 端子対間または前記第 2 端子対間に接続されている請求項 8 ~ 21 のいずれかに記載のインピーダンス・マッチング回路。

【請求項 23】 前記複数のインピーダンス回路のうち

の 하나가、前記第 1 端子対の一方の端子と前記第 2 端子対の一方の端子とに接続され、前記複数のインピーダンス回路のうちの他の 하나가、前記第 1 端子対間および前記第 2 端子対間にそれぞれ接続されている請求項 8 ~ 21 のいずれかに記載のインピーダンス・マッチング回路。

【請求項 24】 前記複数のインピーダンス回路のうちの 하나가、前記第 1 端子対の一方の端子と前記第 2 端子対の一方の端子とに接続され、前記複数のインピーダンス回路のうちの他の 하나가、前記第 1 端子対の他方の端子と前記第 2 端子対の他方の端子とに接続され、しかも、前記複数のインピーダンス回路のうちのさらに他の 하나가、前記第 1 端子対間または前記第 2 端子対間に接続されている請求項 8 ~ 21 のいずれかに記載のインピーダンス・マッチング回路。

【請求項 25】 前記複数のインピーダンス回路のうちの 하나가、前記第 1 端子対の一方の端子と前記第 2 端子対の一方の端子とに接続され、前記複数のインピーダンス回路のうちの他の 하나가、前記第 1 端子対の他方の端子と前記第 2 端子対の他方の端子とに接続され、しかも、前記複数のインピーダンス回路のうちのさらに他の二つが、前記第 1 端子対間および前記第 2 端子対間にそれぞれ接続されている請求項 8 ~ 21 のいずれかに記載のインピーダンス・マッチング回路。

【請求項 26】 前記複数のインピーダンス回路のうちの二つが、前記第 1 端子対の一方の端子と前記第 2 端子対の一方の端子との間で直列に接続され、前記複数のインピーダンス回路のうちのさらに他の 하나가、直列に接続された前記二つのインピーダンス回路の接続点と、前記第 1 端子対の他方の端子および前記第 2 端子対の他方の端子とに接続されている請求項 8 ~ 21 のいずれかに記載のインピーダンス・マッチング回路。

【請求項 27】 前記複数のインピーダンス回路のうちの二つが、前記第 1 端子対の一方の端子と前記第 2 端子対の一方の端子との間で直列に接続され、前記複数のインピーダンス回路のうちの他の二つが、前記第 1 端子対の他方の端子と前記第 2 端子対の他方の端子との間で直列に接続され、しかも、前記複数のインピーダンス回路のうちのさらに他の 하나가、直列に接続された前記二つのインピーダンス回路の接続点と、直列に接続された前記他の二つのインピーダンス回路の接続点とに接続されている請求項 8 ~ 21 のいずれかに記載のインピーダンス・マッチング回路。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、インピーダンス・マッチング方法とインピーダンス・マッチング回路に関し、さらに言えば、複数の異なる周波数においてインピーダンス・マッチングが可能であり、高周波を用いる無線通信機器に好適に使用されるインピーダンス・マッ

ング方法とインピーダンス・マッチング回路に関する。

【0002】

【従来の技術】インピーダンス・マッチング回路は、従来より、無線通信機の高周波部の各回路に使用されている素子の特性を最大限に引き出すために用いられている。従来のこの種インピーダンス・マッチング回路の構成例を図40に示す。

【0003】図40では、高周波回路140の入力端子132と出力端子133にそれぞれ、第1インピーダンス・マッチング回路110と第2インピーダンス・マッチング回路120が接続されている。第1インピーダンス・マッチング回路110は、高周波回路140の前段の高周波回路（図示せず）の出力インピーダンスと、高周波回路140の入力インピーダンスとをマッチングさせる役目を果たす。第2インピーダンス・マッチング回路120は、高周波回路140の後段の高周波回路（図示せず）の入力インピーダンスと、高周波回路140の出力インピーダンスとをマッチングさせる役目を果たす。

【0004】簡単化のため、図40では、高周波回路140は、npn型バイポーラ・トランジスタTrのみからなる高周波増幅回路とし、交流的な等価回路として図示してある。トランジスタTrのエミッタは接地され、ベースは入力端子132に接続され、コレクタは出力端子133に接続されている。また、第1インピーダンス・マッチング回路110は、両端が出力端子131と入力端子132にそれぞれ接続されたコイル111と、一方の端子が出力端子131に接続され他方の端子が接地されたコイル112とから構成されており、いわゆる「L-Lマッチング」の構成を持つ。第2インピーダンス・マッチング回路120は、両端が出力端子133と入力端子134にそれぞれ接続されたコンデンサ121と、一方の端子が入力端子134に接続され他方の端子が接地されたコンデンサ122とから構成されており、いわゆる「C-Cマッチング」の構成を持つ。

【0005】高周波回路140の前段の高周波回路の出力インピーダンスと高周波回路140の入力インピーダンスとをマッチングさせる第1インピーダンス・マッチング回路110では、それら両インピーダンスのマッチングは単一の周波数でしか実現されない、という問題がある。このため、図40に示す第1インピーダンス・マッチング回路110を用いて、隣接する二つの高周波回路のインピーダンスを二つの異なる周波数においてマッチングさせるには、何らかの工夫が必要である。これは、高周波回路140の後段の第2インピーダンス・マッチング回路120においても同様である。

【0006】そこで、以下においてその工夫について説明する。図37は、日本国内で採用されているPDC（Personal Digital Cellular）方式の携帯電話に使用されているシングル・スーパー・ヘテロダイン方式の受

信機の回路図を示す。

【0007】図37の回路において、アンテナ101は、受信周波数帯である820MHz帯の高周波信号を受信する。高周波増幅器102は、アンテナ101で受信された820MHz帯の高周波信号を増幅して周波数ミキサ103に送る。周波数ミキサ103は、送られてきた高周波信号を、局部（ローカル）発振器104から送られる950MHzの局部周波数を持つ局部信号と混合し、周波数が両周波数の差130MHzに等しい中間周波数（Intermediate Frequency, IF）信号に変換する。IF増幅器105は、このIF信号を増幅して復調器106に送る。復調器106は、送られてきたIF信号を所定の方式に従って復調し、高周波受信信号に含まれている情報を取り出す。

【0008】図37の回路において、高周波受信信号を扱う高周波回路（すなわち、高周波増幅器102、周波数ミキサ103、局部発振器104、IF増幅器105）のうち、隣接する二つの回路同士を図40に示すインピーダンス・マッチング回路110または120を介して接続する場合、通常は、受信周波数帯または使用周波数バンド（すなわち820MHz帯）に含まれる特定の単一周波数において接続すべき二つの回路のインピーダンスがマッチング（整合）するように、インピーダンス・マッチング回路110または120の構成が決定される。その場合の高周波増幅器102の電圧定在波比（Voltage Standing-Wave Ratio, VSWR）の周波数fに対する特性（VSWR-f特性）は、図34に示すようになる。すなわち、使用する周波数バンドは820MHz帯のみであるため、図34に示すように、その周波数バンド内の適当な一つの周波数（例えば820MHz）で、接続すべき二つの回路のうちの一方の入力インピーダンスが他方の出力インピーダンスに一致するように、インピーダンス・マッチング回路110または120の構成を決定する。

【0009】しかしながら、近年、無線通信機や無線通信システムが急速に発展しており、その結果、二つの離れた周波数バンドの信号を処理できる受信機が求められている。このような受信機の一例としては、PDC方式の携帯電話で使用される820MHz帯の高周波信号と、簡易型携帯電話（Personal Handy-phone System, PHS）で使用される1.9GHz（1900MHz）帯の高周波信号の双方を受信できるようにした電話機がある。この要求を実現するため、従来より、図38と図39に示すような回路構成の受信機が開発されている。

【0010】図38の回路構成では、高周波増幅器102a、局部発振器104a、周波数ミキサ103a、IF増幅器105aからなる820MHz帯の受信信号を処理する回路（820MHz帯用回路）と、高周波増幅器102b、局部発振器104b、周波数ミキサ103

b、IF増幅器105bからなる1900MHz帯の受信信号を処理する回路(1900MHz帯用回路)とが設けてあり、受信信号の周波数バンドに応じてスイッチ107と108によって820MHz帯用と1900MHz帯用の回路を切り換えて使用するようになっている。局部発振器104aと104bの生成する局部周波数はそれぞれ、950MHz、1770MHzである。

【0011】この回路構成の場合、高周波増幅器102a、102bのVSWR-f特性は図35(a)に示すようになる。すなわち、820MHz帯用回路に対しては、820MHz帯に含まれる特定の単一周波数(例えば820MHz)において接続すべき二つの回路のインピーダンスをマッチングさせる。他方、1900MHz帯用回路に対しては、1900MHz帯に含まれる特定の単一周波数(例えば1900MHz)において接続すべき二つの回路のインピーダンスをマッチングさせる。

【0012】820MHz帯用と1900MHz帯用の二つの回路は、受信信号の周波数帯に応じて切り換えて使用されるので、図38の回路構成における高周波増幅器102a、102bのVSWR-f特性特性は、図35(a)の二つの特性曲線を周波数バンドに応じて合成して得た図35(b)に示す特性曲線で表される。

【0013】図39の回路構成は、図38の回路構成の変形例である。すなわち、820MHz帯用と1900MHz帯用として専用の周波数ミキサ103a、103bとIF増幅器105a、105bを設けている図38の回路構成と異なり、図39の回路構成では、820MHz帯と1900MHz帯の双方の受信信号で共用する周波数ミキサ103とIF増幅器105が設けてある。その他の構成は図38の場合と同じである。高周波増幅器102aと102bの入力を切り換えるスイッチ107は、図38の場合と同じであるが、上記構成の差異に応じて、高周波増幅器102aと102bの出力を切り換えるスイッチ109と、局部発振器104aと104bの出力を切り換えるスイッチ110とが設けてある。図39の回路構成における高周波増幅器102a、102bのVSWR-f特性は、図38の回路構成の場合と同様に、図35(b)に示すようになる。

【0014】しかし、図38と図39の回路構成では、スイッチング手段すなわちスイッチ107、108、109、110が必須であるから、図37に示す単一周波数帯域用の回路構成に比べると、そのスイッチング手段に起因して電力の損失(ロス)が増加するという問題がある。また、820MHz帯と1900MHz帯の両周波数バンドに専用の回路が必要なため、図37の単一周波数バンド用の回路構成に比べて回路構成が複雑になるという問題もある。

【0015】そこで、これらの問題を解決するため、図37の単一周波数帯域用の回路構成においてインピーダンス・マッチング回路のQを低下させ、もって820M

Hz帯と1900MHz帯の両周波数帯においてインピーダンスを近似的にマッチングさせる方法が採られる場合もある。この場合には、高周波増幅器102a、102bのVSWR-f特性は、図36に示すように、使用周波数範囲の全体においてほぼ平坦になる。そこで、図36の特性では、インピーダンスの完全なマッチング(最適なインピーダンス値へのマッチング)はできないが、820MHz帯と1900MHz帯の双方において近似的なマッチングが可能となる。

【0016】しかし、図36のVSWR-f特性を使用する場合には、以下に述べるような問題が生じる。

【0017】第1の問題点は、820MHz帯と1900MHz帯のいずれにおいても最適なインピーダンス値に設定することができないことである。これは、一般的に、インピーダンス・マッチング回路を、820MHzと1900MHzの中間の周波数である1360MHzにおいてインピーダンスが最適値にマッチングするように構成し、もってそれら二つの周波数帯におけるインピーダンスのマッチングの程度を均等にすることに起因する。

【0018】第2の問題点は、図34の単一周波数帯用のVSWR-f特性を使用した場合に比べて受信特性を最大限に引き出すことができず、その結果、受信回路における電力損失が増加することである。これは、インピーダンス・マッチング回路のQを意図的に下げて使用するからであり、またその低下せしめられたQによってインピーダンス・マッチング回路110または120における電力損失が増加するためでもある。

【0019】

【発明が解決しようとする課題】上述したように、図40に示したような従来のインピーダンス・マッチング回路110または120を使用した場合には、互いに離れた二つの周波数において二つの回路のインピーダンスを最適値にマッチングさせることはできない。また、インピーダンス・マッチングによって電力損失が増加する。

【0020】そこで、本発明の目的は、互いに離れた二つあるいはそれ以上の周波数のそれぞれにおいて、二つの回路のインピーダンスを最適値にマッチングさせることができるインピーダンス・マッチング方法とインピーダンス・マッチング回路を提供することにある。

【0021】本発明の他の目的は、互いに離れた二つあるいはそれ以上の周波数帯の信号を処理できるシステムの回路構成を簡略化できるインピーダンス・マッチング方法とインピーダンス・マッチング回路を提供することにある。

【0022】本発明のさらに他の目的は、電力損失を増加させることなく、二つあるいはそれ以上の周波数のそれぞれにおいて最適値へのインピーダンス・マッチングを実現できるインピーダンス・マッチング方法とインピーダンス・マッチング回路を提供することにある。

## 【0023】

【課題を解決するための手段】(1) 本発明のインピーダンス・マッチング方法は、複数のリアクタンス素子を含むインピーダンス・マッチング回路を用いて、第1回路と第2回路の間で二つ以上の異なる周波数におけるインピーダンス・マッチングを行うインピーダンス・マッチング方法において、前記インピーダンス・マッチング回路内の複数のリアクタンス素子の各々と等価であり、しかも前記二つ以上の異なる周波数においてそれぞれ所望のリアクタンス値を与える周波数特性を持つリアクタンス回路を構成する第1ステップと、前記第1ステップで構成された前記リアクタンス回路の各々を形成するリアクタンス素子のリアクタンス値を算出する第2ステップと、前記第2ステップで算出されたリアクタンス値を有する前記リアクタンス回路を用いて、前記二つ以上の異なる周波数において前記インピーダンス・マッチング回路のインピーダンス値を決定し、もってそれら異なる周波数において前記第1回路のインピーダンス値と前記第2回路のインピーダンス値をそれらの最適値にマッチングさせる第3ステップとを備えたことを特徴とする。

【0024】(2) 本発明のインピーダンス・マッチング方法では、第1ステップにおいて、前記インピーダンス・マッチング回路内の複数のリアクタンス素子の各々と等価であり、しかも前記二つ以上の異なる周波数においてそれぞれ所望のリアクタンス値を与える周波数特性を持つリアクタンス回路を構成する。次に、第2ステップにおいて、前記第1ステップで構成された前記リアクタンス回路の各々を形成するリアクタンス素子のリアクタンス値を算出する。そして、最後に、第3ステップにおいて、前記第2ステップで算出されたリアクタンス値を有する前記リアクタンス回路を用いて、前記二つ以上の異なる周波数において前記インピーダンス・マッチング回路のインピーダンス値を決定する。このため、互いに離れた二つあるいはそれ以上の周波数のそれぞれにおいて、前記第1回路と第2回路のインピーダンスをそれらの最適値にマッチングさせることができる。

【0025】また、これにより、互いに離れた二つあるいはそれ以上の周波数帯の信号を処理できるシステムの回路構成を簡略化することが可能となる。

【0026】さらに、二つあるいはそれ以上の周波数のそれぞれにおいて、前記第1、第2の回路のインピーダンスを最適値にマッチングさせることができるので、インピーダンス・マッチングに起因する電力損失の増加を生じることもない。

【0027】(3) 本発明のインピーダンス・マッチング方法の好ましい例では、前記第1ステップで構成された前記リアクタンス回路の各々が共振回路を含んでおり、しかもその共振回路の共振周波数は、前記二つ以上の異なる周波数のうちの隣接する二つの周波数の間に位

置する。

【0028】本発明のインピーダンス・マッチング方法の他の好ましい例では、前記共振回路が、複数のリアクタンス素子の並列共振回路とされる。この場合、前記共振回路が、互いに並列に接続された誘導性リアクタンス素子と容量性リアクタンス素子を含む並列共振回路であるのが好ましい。

【0029】本発明のインピーダンス・マッチング方法のさらに他の好ましい例では、前記共振回路が複数のリアクタンス素子の直列共振回路とされる。この場合、前記共振回路が、互いに直列に接続された誘導性リアクタンス素子と容量性リアクタンス素子を含む直列共振回路であるのが好ましい。

【0030】本発明のインピーダンス・マッチング方法のさらに他の好ましい例では、前記第2ステップにおけるリアクタンス値の算出が、前記二つ以上の異なる周波数のうちの一つの周波数における前記第2回路のインピーダンス値に対応する点を中心点に配置したスミス・チャートまたはアドミッタンス・チャートを使用して行われ、しかも、その際に、前記二つ以上の異なる周波数における前記第1回路のインピーダンス値にそれぞれ対応する点を前記スミス・チャートまたはアドミッタンス・チャート上に配置するステップと、前記スミス・チャートまたはアドミッタンス・チャート上に配置された前記第1回路のインピーダンス値にそれぞれ対応する点を、前記スミス・チャートまたはアドミッタンス・チャートの中心点を通る共通の円周上にそれぞれ移動させるステップと、前記共通の円周上に移動せしめられた前記第1回路のインピーダンス値にそれぞれ対応する点を前記中心点に重なるように移動させるステップとが実行される。

【0031】(4) 本発明のインピーダンス・マッチング回路は、第1回路と第2回路の間で二つ以上の異なる周波数におけるインピーダンス・マッチングを行うために使用されるインピーダンス・マッチング回路において、前記第1回路が接続される第1端子対と、前記第2回路が接続される第2端子対と、前記第1端子対と前記第2端子対の間に設けられた複数のインピーダンス回路とを備え、前記複数のインピーダンス回路の各々は、前記二つ以上の異なる周波数においてそれぞれ所定のリアクタンス値を与える周波数特性を持つリアクタンス回路を有して、そのリアクタンス回路によってそれら異なる周波数においてそれぞれ所定のインピーダンス値が設定されており、しかも、それら異なる周波数における前記複数のインピーダンス回路の合成インピーダンス値は、前記第1回路のインピーダンス値と前記第2回路のインピーダンス値とをそれらの最適値にマッチングさせるように設定されることを特徴とする。

【0032】(5) 本発明のインピーダンス・マッチング回路では、本発明のインピーダンス・マッチング方

法で述べたのと実質的に同じ理由により、互いに離れた二つあるいはそれ以上の周波数のそれぞれにおいて、前記第1回路と第2回路のインピーダンスをそれらの最適値にマッチングさせることができる。また、これにより、互いに離れた二つあるいはそれ以上の周波数帯の信号を処理できるシステムの回路構成を簡略化することが可能となる。さらに、当該インピーダンス・マッチング回路における電力損失の増加を生じることもない

(6) 本発明のインピーダンス・マッチング回路の好ましい例では、前記複数のリアクタンス回路の各々が共振回路を含んでおり、しかもその共振回路の共振周波数は、前記二つ以上の異なる周波数のうちの隣接する二つの周波数の間に位置する。

【0033】本発明のインピーダンス・マッチング回路の他の好ましい例では、前記共振回路が、複数のリアクタンス素子の並列共振回路とされる。この場合、好ましくは、前記共振回路は、互いに並列に接続された誘導性リアクタンス素子と容量性リアクタンス素子を含む並列共振回路とされる。あるいは、その並列共振回路に対して、誘導性リアクタンス素子および容量性リアクタンス素子の少なくとも一方を直列に接続してもよい。

【0034】本発明のインピーダンス・マッチング回路のさらに他の好ましい例では、前記複数のリアクタンス回路の各々が、互いに直列に接続された複数の共振回路を含んでおり、しかもそれら複数の共振回路の共振周波数の各々は、前記二つ以上の異なる周波数のうちの隣接する二つの周波数の間に位置する。この場合、好ましくは、前記共振回路の各々が、互いに並列に接続された誘導性リアクタンス素子と容量性リアクタンス素子を含む並列共振回路とされる。あるいは、その並列共振回路に対して、誘導性リアクタンス素子および容量性リアクタンス素子の少なくとも一方を直列に接続してもよい。

【0035】本発明のインピーダンス・マッチング回路のさらに他の好ましい例では、前記共振回路が、複数のリアクタンス素子の直列共振回路とされる。この場合、好ましくは、前記共振回路が、互いに直列に接続された誘導性リアクタンス素子と容量性リアクタンス素子を含む直列共振回路とされる。あるいは、その直列共振回路に対して、誘導性リアクタンス素子および容量性リアクタンス素子の少なくとも一方を並列に接続してもよい。

【0036】本発明のインピーダンス・マッチング回路のさらに他の好ましい例では、前記複数のリアクタンス回路の各々が、互いに並列に接続された複数の共振回路を含んでおり、しかもそれら複数の共振回路の共振周波数の各々は、前記二つ以上の異なる周波数のうちの隣接する二つの周波数の間に位置する。この場合、好ましくは、前記共振回路の各々が、互いに直列に接続された誘導性リアクタンス素子と容量性リアクタンス素子を含む直列共振回路とされる。あるいは、その直共振回路に対して、誘導性リアクタンス素子および容量性リアクタン

ス素子の少なくとも一方を並列に接続してもよい。

【0037】(7) 本発明のインピーダンス・マッチング回路では、前記複数のインピーダンス回路の好ましい接続形態は次の通りである。

【0038】(a) 前記複数のインピーダンス回路のうちの 하나가、前記第1端子対の一方の端子と前記第2端子対の一方の端子とに接続され、前記複数のインピーダンス回路のうちの他の 하나가、前記第1端子対間または前記第2端子対間に接続される。

【0039】(b) 前記複数のインピーダンス回路のうちの 하나가、前記第1端子対の一方の端子と前記第2端子対の一方の端子とに接続され、前記複数のインピーダンス回路のうちの他の二つが、前記第1端子対間および前記第2端子対間にそれぞれ接続される。

【0040】(c) 前記複数のインピーダンス回路のうちの 하나가、前記第1端子対の一方の端子と前記第2端子対の一方の端子とに接続され、前記複数のインピーダンス回路のうちの他の 하나가、前記第1端子対の他方の端子と前記第2端子対の他方の端子とに接続され、しかも、前記複数のインピーダンス回路のうちのさらに他の 하나가、前記第1端子対間または前記第2端子対間に接続される。

【0041】(d) 前記複数のインピーダンス回路のうちの 하나가、前記第1端子対の一方の端子と前記第2端子対の一方の端子とに接続され、前記複数のインピーダンス回路のうちの他の 하나가、前記第1端子対の他方の端子と前記第2端子対の他方の端子とに接続され、しかも、前記複数のインピーダンス回路のうちのさらに他の二つが、前記第1端子対間および前記第2端子対間にそれぞれ接続される。

【0042】(e) 前記複数のインピーダンス回路のうちの二つが、前記第1端子対の一方の端子と前記第2端子対の一方の端子との間で直列に接続され、前記複数のインピーダンス回路のうちのさらに他の 하나가、直列に接続された前記二つのインピーダンス回路の接続点と、前記第1端子対の他方の端子および前記第2端子対の他方の端子とに接続される。

【0043】(f) 前記複数のインピーダンス回路のうちの二つが、前記第1端子対の一方の端子と前記第2端子対の一方の端子との間で直列に接続され、前記複数のインピーダンス回路のうちの他の二つが、前記第1端子対の他方の端子と前記第2端子対の他方の端子との間で直列に接続され、しかも、前記複数のインピーダンス回路のうちのさらに他の 하나가、直列に接続された前記二つのインピーダンス回路の接続点と、直列に接続された前記他の二つのインピーダンス回路の接続点とに接続される。

【0044】

【発明の実施の形態】以下、本発明の好適な実施の形態について添付図面を参照しながら説明する。

【0045】（第1実施形態）図1（a）は本発明の第1実施形態のインピーダンス・マッチング回路1の構成を示す。このインピーダンス・マッチング回路1は、インピーダンス $Z_1$ を有する第1インピーダンス回路10と、インピーダンス $Z_2$ を有する第2インピーダンス回路20とから構成される。第1インピーダンス回路10の二つの端子は、当該インピーダンス・マッチング回路1の入力端子対の一方の端子2と出力端子対の一方の端子3にそれぞれ接続されている。第2インピーダンス回路20の一方の端子は、当該インピーダンス・マッチング回路1の入力端子対の一方の端子2に接続され、他方の端子は当該回路1の入力端子対の他方の端子2'と出力端子対の他方の端子3'に共通接続されている。

【0046】このインピーダンス・マッチング回路1は、その入力端子対2、2'側に接続された高周波回路（図示せず）の出力インピーダンスと、その出力端子対3、3'側に接続された高周波回路（図示せず）の入力インピーダンスとをマッチングさせる機能を持つ。そのインピーダンス・マッチング機能は、複数の異なる周波数において実現可能である。

【0047】図1（b）のインピーダンス・マッチング回路1aは、図1（a）に示すインピーダンス・マッチング回路1の第1および第2のインピーダンス回路10と20を、リアクタンス $X_1$ を有する第1リアクタンス回路10aと、リアクタンス $X_2$ を有する第2リアクタンス回路20aとでそれぞれ置換すると共に、共通接続された入力端子2'と出力端子3'を接地したものに相当する。換言すれば、図1（b）のインピーダンス・マッチング回路1aは、図1（a）に示すインピーダンス・マッチング回路1において、第1および第2のインピーダンス回路10と20がいずれも、抵抗（インピーダンスの実数成分）を含まずリアクタンス（インピーダンスの虚数成分）のみからなる場合に対応する。

【0048】そこで、説明を簡略化するため、以下の説明では、図1（a）のインピーダンス・マッチング回路1ではなく、簡略化された図1（b）のインピーダンス・マッチング回路1aについて述べることにする。インピーダンス・マッチング回路1aの構成および動作が明らかになれば、それを一般的なインピーダンス・マッチング回路1に適用するのは極めて容易であるからである。

【0049】図1（b）のインピーダンス・マッチング回路1aでは、リアクタンス $X_1$ を有する第1リアクタンス回路10aは、その二つの端子が当該回路1aの一方の入力端子2と一方の出力端子3にそれぞれ接続されている。リアクタンス $X_2$ を有する第2リアクタンス回路20aは、その一方の端子が当該回路1aの一方の入力端子2に接続され、他方の端子が接地されている。インピーダンス・マッチング回路1aの前段の高周波回路（図示せず）は、入力端子対2と接地との間に接続さ

れ、インピーダンス・マッチング回路1aの後段の高周波回路（図示せず）は、出力端子対3と接地との間に接続される。

【0050】次に、本発明の第1実施形態のインピーダンス・マッチング回路1aの具体的回路構成を、図2を参照しながら説明する。

【0051】図2に示すように、第1リアクタンス回路10aは三つのリアクタンス素子11、12、13から構成される。リアクタンス素子11は、誘導性リアクタンス素子すなわち、インダクタンス $L_{11}$ を有するコイルである。リアクタンス素子12は、インダクタンス $L_{12}$ を有するコイルである。リアクタンス素子13は、容量性リアクタンス素子、すなわちキャパシタンス $C_1$ を有するコンデンサである。

【0052】コイル12とコンデンサ13は互いに並列に接続されている。コイル12の一方の端子とコンデンサ13の一方の端子は、出力端子3に共通接続されている。コイル12の他方の端子とコンデンサ13の他方の端子は、コイル11の一方の端子に共通接続されている。コイル11の他方の端子は入力端子2に接続されている。

【0053】互いに並列に接続されたコイル12とコンデンサ13は、図3（a）に示すように、共振周波数 $f_{01}$ を有する並列共振回路14を構成する。よって、第1リアクタンス回路10aは、入力端子2と出力端子3との間で、コイル11と並列共振回路14が互いに直列に接続された構成を持つ。

【0054】第2リアクタンス回路20aは、図2に示すように、第1リアクタンス回路10aと同じ構成であり、三つのリアクタンス素子21、22、23から構成される。リアクタンス素子21は、インダクタンス $L_{21}$ を有するコイルである。リアクタンス素子22は、インダクタンス $L_{22}$ を有するコイルである。リアクタンス素子23は、キャパシタンス $C_2$ を有するコンデンサである。

【0055】コイル22とコンデンサ23は互いに並列に接続されている。コイル22の一方の端子とコンデンサ23の一方の端子は、コイル21の一方の端子に共通接続されている。コイル22の他方の端子とコンデンサ23の他方の端子は、共通に接地されている。コイル21の他方の端子は入力端子2に接続されている。

【0056】互いに並列に接続されたコイル22とコンデンサ23は、図3（b）に示すように、共振周波数 $f_{02}$ を有する並列共振回路24を構成する。この共振周波数 $f_{02}$ は通常、並列共振回路14の共振周波数 $f_{01}$ とは異なる。よって、第2リアクタンス回路20aは、入力端子2と接地との間で、コイル21と並列共振回路24が互いに直列に接続された構成を持つ。

【0057】次に、以上の構成を持つ第1および第2のリアクタンス回路10aと20aの動作について説明す

る。

【0058】図2に示すように、使用時には、インピーダンス・マッチング回路1aの入力端子2と接地の間に高周波回路5が接続され、その出力端子3と接地との間に高周波回路4が接続される。インピーダンス・マッチング回路1aは、異なる二つの周波数 $f_1$ と $f_2$ の双方において、入力端子2側の高周波回路5の出力インピーダンスと、出力端子3側の高周波回路4の入力インピーダンスとをそれらの最適値にマッチングさせる機能を持つ。その動作は次の通りである。

【0059】ただし、マッチング周波数 $f_1$ と $f_2$ は、並

$$X_{11} = j(2\pi f) L_{11}$$

【0062】そこで、数式(1)で与えられるコイル11のリアクタンス $X_{11}$ を図示すると、図4(b)のようになる。すなわち、リアクタンス $X_{11}$ の周波数特性は原点を通る直線で与えられ、信号周波数 $f$ が0(直流)から上昇するにつれて単調に増加する。

【0063】他方、コイル12とコンデンサ13からなる並列共振回路14のリアクタンス $X_{LC1}$ は、次の数式(2)で与えられる。

【0064】

【数2】

$$X_{LC1} = \frac{j}{\frac{1}{(2\pi f)L_{12}} - (2\pi f)C_1} \quad (2)$$

【0065】数式(2)で与えられる並列共振回路14のリアクタンス $X_{LC1}$ を図示すると図4(c)のようになる。すなわち、リアクタンス $X_{LC1}$ の周波数特性は、 $f = f_{01}$ に引いた鉛直線Bを漸近線とする曲線で与えられる。ただし、並列共振回路14の共振周波数 $f_{01}$ は次の数式(3)で与えられる。

【0066】

【数3】

$$f_{01} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_{12}C_1}} \quad (3)$$

【0067】従って、並列共振回路14のリアクタンス $X_{LC1}$ は、信号周波数 $f$ が共振周波数 $f_{01}$ より低い範囲では、 $f$ の上昇に伴って0から徐々に増加し、 $f_{01}$ に近づくにつれて+無限大まで増加する。信号周波数 $f$ が $f_{01}$ より高い範囲では、 $f$ の減少と共にリアクタンス $X_{LC1}$ は徐々に減少し、 $f_{01}$ に近づくにつれて-無限大に達する。他方、 $f$ の増加と共に0に収束する。

【0068】図3(a)の回路構成から明らかなように、第1リアクタンス回路10aのリアクタンス $X_1$ は、コイル11のリアクタンス $X_{11}$ と並列共振回路14のリアクタンス $X_{LC1}$ の和である。よって、第1リアクタンス回路10aのリアクタンス $X_1$ の周波数特性は、図4(b)と図4(c)の周波数特性を合成するこ

列共振回路14、24の共振周波数 $f_{01}$ 、 $f_{02}$ との間に、 $f_1 < f_{01} < f_2$ 、 $f_1 < f_{02} < f_2$ の関係を持つ。周波数 $f_1$ と $f_2$ は、例えば820MHzと1900MHzである。

【0060】まず、信号周波数すなわち、前段の高周波回路5から送られてくる電気信号の周波数を $f$ とすると、第1リアクタンス回路10aのリアクタンス素子すなわちコイル11のリアクタンス $X_{11}$ は、次の数式

(1)で与えられる。

【0061】

【数1】

(1)

とにより与えられる。それを図4(a)に示す。

【0069】図4(a)から明らかなように、第1リアクタンス回路10aのリアクタンス $X_1$ の周波数特性は、並列共振回路14のリアクタンス $X_{LC1}$ の周波数特性と同じ傾向を持つ。すなわち、リアクタンス $X_1$ は、信号周波数 $f$ が $f_{01}$ より低い範囲では、 $f$ の上昇に伴って0から徐々に増加し、 $f_{01}$ に近づくにつれて+無限大まで増加する。信号周波数 $f$ が $f_{01}$ より高い範囲では、 $f$ の減少と共にリアクタンス $X_1$ は徐々に減少し、 $f_{01}$ に近づくにつれて-無限大に達する。他方、 $f$ の増加と共に+無限大まで増加する。

【0070】また、図4(a)の周波数特性から明らかなように、信号周波数 $f$ が並列共振回路14の共振周波数 $f_{01}$ より大きい値を持つ場合には、リアクタンス $X_1$ は-無限大から+無限大までの値を取りうる。信号周波数 $f$ が共振周波数 $f_{01}$ より小さい値を持つ場合には、リアクタンス $X_1$ は任意の正の値のみを取りうる。他方、並列共振回路14の共振周波数 $f_{01}$ の値は、所望の二つのマッチング周波数 $f_1$ と $f_2$ の間に設定する必要があるが、その範囲で $f_{01}$ の値を変えると、鉛直方向に延在する漸近線Bが(それと共に特性曲線も)横軸(すなわち $f$ 軸)に沿って変位する。よって、 $f_{01}$ の値を適当に設定することにより、離れた周波数 $f_1$ と $f_2$ におけるリアクタンス $X_1$ を所望の値にそれぞれ独立して設定することが可能である。換言すれば、十分離れた二つの周波数 $f_1$ と $f_2$ におけるリアクタンス $X_1$ の値を任意に調整可能である。

【0071】図4(a)～(c)において、 $X_{11}(f_1)$ と $X_{11}(f_2)$ は、 $f = f_1$ および $f = f_2$ におけるリアクタンス素子すなわちコイル11のリアクタンス $X_{11}$ の値をそれぞれ示し、 $X_{LC1}(f_1)$ と $X_{LC1}(f_2)$ は、 $f = f_1$ および $f = f_2$ における並列共振回路14のリアクタンス $X_{LC1}$ の値をそれぞれ示し、 $X_1(f_1)$ と $X_1(f_2)$ は、 $f = f_1$ および $f = f_2$ における第1リアクタンス回路10aのリアクタンス $X_1$ の値をそれぞれ示している。

【0072】第1リアクタンス回路10aを構成するコ

イル11、12のインダクタンス $L_{11}$ 、 $L_{12}$ と、コンデンサ13のキャパシタンス $C_1$ の値を、所望のマッチング周波数 $f_1$ 、 $f_2$ と第1リアクタンス回路10aのリアクタンス $X_1$ の値から直接、解析的に求めることは困難であるが、電子計算機を使用して漸近的に収束値を求めていくことにより、所望の解を求めることができる。

【0073】なお、図4(a)の周波数特性から明らかなように、第1実施形態では、高い方の周波数 $f_2$ における第1リアクタンス回路10aのリアクタンス $X_1$ の値 $X_1(f_2)$ は、正負いずれの値も取り得るが、低い方の周波数 $f_1$ におけるリアクタンス $X_1$ の値 $X_1(f_1)$ は正の値しか取れないという制限がある。従って、第1実施形態のインピーダンス・マッチング回路1aは、周波数 $f_1$ において第1リアクタンス回路10aのリアクタンス $X_1(f_1)$ を負の値に設定する必要がある場合には適用できない。しかし、例えば、後述の第2～第4の実施形態のいずれかを適用することにより、この制限は除去できる。

【0074】次に、第2リアクタンス回路20aについて説明する。図2から明らかなように、第2リアクタンス回路20aは第1リアクタンス回路10aと同じ構成であるので、第1リアクタンス回路10aに関する上記説明がそのまま適用できる。すなわち、第2リアクタンス回路20aのリアクタンス素子すなわちコイル21のリアクタンス $X_{21}$ は、次の数式(4)で与えられる。

【0075】

$$X_{21} = j(2\pi f) L_{21} \quad (4)$$

【0076】数式(4)で与えられるコイル21のリアクタンス $X_{21}$ の周波数特性は、図4(b)と同様である。すなわち、リアクタンス $X_{21}$ の周波数特性は原点を通る直線で与えられ、信号周波数 $f$ が0から上昇するにつれて単調に増加する。

【0077】他方、コイル22とコンデンサ23からなる並列共振回路24のリアクタンス $X_{LC2}$ は、次の数式(5)で与えられる。

【0078】

【数5】

$$X_{LC2} = \frac{j}{(2\pi f) L_{22} - (2\pi f) C_2} \quad (5)$$

【0079】並列共振回路24のリアクタンス $X_{LC2}$ の周波数特性は、図4(c)と同様である。すなわち、リアクタンス $X_{LC2}$ の周波数特性は、 $f = f_{02}$ に引いた鉛直線を漸近線とする曲線で与えられる。ただし、並列共振回路24の共振周波数 $f_{02}$ は次の数式(6)で与えられる。

【0080】

【数6】

$$f_{02} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_{22}C_2}} \quad (6)$$

【0081】従って、並列共振回路24のリアクタンス $X_{LC2}$ は、信号周波数 $f$ が共振周波数 $f_{02}$ より低い範囲では、 $f$ の上昇に伴って0から徐々に増加し、 $f_{02}$ に近づくにつれて+無限大まで増加する。信号周波数 $f$ が $f_{02}$ より高い範囲では、 $f$ の減少と共にリアクタンス $X_{LC2}$ は徐々に減少し、 $f_{02}$ に近づくにつれて-無限大に達する。他方、 $f$ の増加と共に0に収束する。

【0082】図3(b)の回路構成から明らかなように、第2リアクタンス回路20aのリアクタンス $X_2$ は、コイル21のリアクタンス $X_{21}$ と並列共振回路24のリアクタンス $X_{LC2}$ の和である。よって、第2リアクタンス回路20aのリアクタンス $X_2$ の周波数特性は、図4(b)と図4(c)の周波数特性を合成して得た図4(a)と同様の曲線で与えられる。

【0083】図4(a)から明らかなように、第2リアクタンス回路20aのリアクタンス $X_2$ の周波数特性は、並列共振回路24のリアクタンス $X_{LC2}$ の周波数特性と同じ傾向を持つ。すなわち、リアクタンス $X_2$ は、信号周波数 $f$ が共振周波数 $f_{02}$ より低い範囲では、 $f$ の上昇に伴って0から徐々に増加し、 $f_{02}$ に近づくにつれて+無限大まで増加する。信号周波数 $f$ が $f_{02}$ より高い範囲では、 $f$ の減少と共にリアクタンス $X_{LC2}$ は徐々に減少し、 $f_{02}$ に近づくにつれて-無限大に達する。他方、 $f$ の増加と共に+無限大まで増加する。

【0084】また、図4(a)から明らかなように、信号周波数 $f$ が共振周波数 $f_{02}$ より大きい値を持つ場合には、リアクタンス $X_2$ は-無限大から+無限大までの値を取りうる。信号周波数 $f$ が共振周波数 $f_{02}$ より小さい値を持つ場合には、リアクタンス $X_1$ は任意の正の値を取りうる。他方、並列共振回路24の共振周波数 $f_{02}$ の値も、所望の二つのマッチング周波数 $f_1$ と $f_2$ の間に設定する必要があるが、その範囲で $f_{02}$ の値を変えると、特性曲線が漸近線Bと共に $f$ 軸に沿って変位する。よって、 $f_{02}$ の値を適当に設定することにより、離れた周波数 $f_1$ と $f_2$ におけるリアクタンス $X_2$ を所望の値に設定することが可能である。換言すれば、十分離れた二つの周波数 $f_1$ と $f_2$ におけるリアクタンス $X_2$ の値を独立して任意に調整可能である。

【0085】第2リアクタンス回路20aにおけるコイル21、22のインダクタンス $L_{21}$ 、 $L_{22}$ と、コンデンサ23のキャパシタンス $C_2$ の値を、所望のマッチング周波数 $f_1$ 、 $f_2$ と第2リアクタンス回路20aのリアクタンス $X_2$ の値から直接、解析的に求めることは困難であるが、電子計算機を使用して漸近的に収束値を求めていくことにより、所望の解を求めることが可能である。

【0086】なお、図4(a)から明らかなように、 $f = f_2$ におけるリアクタンス $X_2$ の値は、正負いずれの値



も取り得るが、 $f = f_1$ におけるリアクタンス $X_2$ の値は正の値しか取れないという制限がある。従って、第1実施形態のインピーダンス・マッチング回路1aは、周波数 $f_1$ において第2リアクタンス回路20aのリアクタンス $X_2$ を負の値に設定する必要がある場合には適用できない。しかし、この制限は、例えば、第1、第2のリアクタンス回路10a、20aのいずれかに、後述の第2～第4の実施形態のいずれかの構成を適用することにより除去できる。

【0087】以上述べたように、本発明の第1実施形態のインピーダンス・マッチング回路1aによれば、周波数 $f_1$ と $f_2$ における第1、第2リアクタンス回路10a、20aのリアクタンス $X_1$ 、 $X_2$ の値をそれぞれ適当に設定することにより、入力端子2側に接続された高周波回路5の出力インピーダンスと出力端子3側に接続された高周波回路4の入力インピーダンスとを、十分離れた二つの周波数 $f_1$ と $f_2$ においてそれぞれ最適値にマッチングさせることが可能となる。また、これにより、離れた周波数 $f_1$ と $f_2$ （例えば、820MHzと1900MHz）をそれぞれ含む二つの周波数帯の信号を処理するシステムの回路構成を簡略化できる。

【0088】さらに、二つの周波数 $f_1$ と $f_2$ においてそれぞれ最適値にインピーダンス・マッチングできるため、先に述べた従来例（図36参照）のようなインピーダンス・マッチング回路のQの低下に起因する電力損失を防止できる。すなわち、インピーダンス・マッチング回路1aで生じる電力損失が抑制される。

【0089】次に、以上の構成を持つ第1実施形態のインピーダンス・マッチング回路1aにより二つの周波数 $f_1$ と $f_2$ においてインピーダンス・マッチングが行える原理を、図7を参照しながら説明する。図7は、本発明の第1実施形態のインピーダンス・マッチング回路1aの動作原理を説明するためのスミス・チャート（Smith Chart）である。

【0090】一般に、スミス・チャートは、伝送線路の反射係数を極座標上に図示したものであるが、その反射係数に対応するインピーダンスを直ちに読み取ることができて便宜であるため、日常的に使用されているものである。通常のスミス・チャートには、インピーダンスを示す曲線のみが描かれるが、図7のスミス・チャートでは、理解を容易にするために、アドミッタンスを示す曲線も併せて描いてある。

【0091】ここでは、一例として、インピーダンス・マッチング回路1aを用いて、出力端子3に接続された高周波回路4の入力インピーダンスを、入力端子2に接続された高周波回路5の出力インピーダンス（ $= 50\Omega$ ）にマッチングさせる場合について説明する。

【0092】図7のスミス・チャートにおいて、中心点Oは目標とするインピーダンス $50\Omega$ に対応し、二つの端点FとGを結ぶ線分Eは抵抗軸である。中心点Oは線

分Eの midpoint に位置する。円Aは抵抗値が $50\Omega$ に等しい点の軌跡であり、円A'はアドミッタンス値が $(1/50\Omega)$ に等しい点の軌跡であり、円弧Hはリアクタンス値が $+50\Omega$ に等しい点の軌跡であり、円弧H'はリアクタンス値が $-50\Omega$ に等しい点の軌跡である。また、点D<sub>1</sub>とD<sub>2</sub>は、出力端子3に接続された高周波回路4の信号周波数 $f_1$ と $f_2$ における出力インピーダンス値にそれぞれ対応する。点D<sub>1</sub>とD<sub>2</sub>では、リアクタンス値はいずれも負である。

【0093】まず、信号周波数 $f_1$ と $f_2$ における第1リアクタンス回路10aのリアクタンス $X_1$ をそれぞれ適当な値に設定することにより、点D<sub>1</sub>とD<sub>2</sub>の双方をアドミッタンス値が $(1/50\Omega)$ に等しい円A'上の点C<sub>1</sub>とC<sub>2</sub>にそれぞれ移動させる。換言すれば、第1リアクタンス回路10aのリアクタンス $X_1$ を、そのアドミッタンス値が $(1/50\Omega)$ に等しくなるように設定する。

【0094】次に、信号周波数 $f_1$ と $f_2$ における第2リアクタンス回路20aのリアクタンス $X_2$ の値を適当に設定することにより、円A'上にある点C<sub>1</sub>とC<sub>2</sub>の双方を円A'の円周に沿って移動させて中心点Oにそれぞれ重ね合わせる。換言すれば、第2リアクタンス回路20aのリアクタンス $X_2$ を調整することにより、負荷に接続されたインピーダンス・マッチング回路1aのアドミッタンス値を $(1/50\Omega)$ に保ちながら、インピーダンス・マッチング回路1aのリアクタンス成分が0になるようにする。こうして、出力端子3側の高周波回路4の入力インピーダンスの値は、所望の信号周波数 $f_1$ と $f_2$ の双方において入力端子2側の高周波回路5の出力インピーダンス $50\Omega$ にマッチングされる。

【0095】これに対して、図40に示した従来のインピーダンス・マッチング回路110では、このような移動は不可能である。その理由を図5と図6を用いて説明する。図5は、図40に示した従来のインピーダンス・マッチング回路110と、その回路110の出力側に接続された高周波回路140を示し、図6はそのインピーダンス・マッチング回路110の動作を説明するためのスミス・チャートを示す。図5では、高周波回路140のトランジスタTrに直流的なバイアスを与える回路等、マッチング動作とは関係のない回路は省いてある。

【0096】図5に示す従来のインピーダンス・マッチング回路110で、信号周波数 $f_1$ と $f_2$ の双方においてインピーダンスをマッチングさせることができないのは、この回路110が、二つの端子131と132に接続されたコイル111（インダクタンス $L_{111}$ ）と、端子131と接地との間に接続されたコイル112（インダクタンス $L_{112}$ ）とから構成されているからである。すなわち、コイル111と112のリアクタンス $X_{111}$ と $X_{112}$ の周波数特性は、いずれも、図4(b)に示すように原点Oを通る直線で表され、周波数 $f$ に比例して

単調に増加する。それらの直線の傾きは、リアクタンス  $X_{111}$  と  $X_{112}$  にそれぞれ等しい。従って、信号周波数  $f$  が決まればリアクタンス  $X_{111}$  と  $X_{112}$  の値は自ずと決まってしまう、異なる信号周波数  $f_1$  と  $f_2$  では  $X_{111}$  は互いに異なる値を持ち、 $X_{112}$  も同様である。

【0097】よって、図6のスミス・チャートにおいて、コイル111のリアクタンス  $X_{111}$  により、周波数  $f_1$  における高周波回路140の入力インピーダンスを示す点  $D_1$  が、円  $A'$  の円周上にある点  $C_1$  まで移動せしめられたとすると、周波数  $f_2$  における高周波回路140の入力インピーダンスを示す点  $D_2$  は、端点  $F$  を通る円  $B$  の円周上にある点  $C_3$  まで移動してしまう。円  $B$  上の点  $C_3$  では、アドミタンス値が  $(1/50\Omega)$  に等しくない。このため、コイル112のリアクタンス  $X_{112}$  の調整により、点  $C_1$  は中心点  $O$  まで移動することができるが、その際には点  $C_3$  は円  $B$  上の点  $C_4$  に移動する。つまり、点  $C_3$  を中心点  $O$  に重ねることはできない。

【0098】本発明の第1実施形態のインピーダンス・マッチング回路1aは、従来のインピーダンス・マッチング回路110とは異なり、第1、第2のリアクタンス回路10aと20aが図2に示すような構成を持つ。このため、上述したように、信号周波数  $f_1$  と  $f_2$  における第1リアクタンス回路10aのリアクタンス  $X_1$  をそれぞれ適当な値に設定することにより、点  $D_1$  と  $D_2$  の双方を円  $A'$  上の点  $C_1$  と  $C_2$  にまでそれぞれ移動させ、その後、信号周波数  $f_1$  と  $f_2$  における第2リアクタンス回路20aのリアクタンス  $X_2$  の値を適当に設定することにより、点  $C_1$  と  $C_2$  の双方を原点  $O$  まで移動させることができる。その結果、異なる周波数  $f_1$  と  $f_2$  の双方において、高周波回路5と4の間でインピーダンスのマッチングを取ることが可能となる。

【0099】（第2実施形態）図8～図12は、本発明の第2実施形態のインピーダンス・マッチング回路1bを示す。

【0100】先に述べた第1実施形態のインピーダンス・マッチング回路1aでは、図2に示すように、誘導性リアクタンスを持つコイル11、12、21、22を使用しており、図7のスミス・チャートにおいて点  $D_1$  と  $D_2$  は正方向にシフトされる。これは、コイル111と112を使用した従来のインピーダンス・マッチング回路110（L-Lマッチング、図40参照）に対応するものである。すなわち、第1実施形態のインピーダンス・マッチング回路1aは、インピーダンス・マッチング回路110のコイル111と112を、第1および第2のリアクタンス回路10aと20aにそれぞれ置換したものに相当する。換言すれば、第1および第2のリアクタンス回路10aと20aは、それぞれコイル111と112と等価である。

【0101】これに対して、図12に示す回路構成を持

つ第2実施形態のインピーダンス・マッチング回路1bは、図8に示すような、キャパシタンス  $C_{113}$  と  $C_{114}$  を持つコンデンサ113と114を使用した従来のインピーダンス・マッチング回路110'（C-Cマッチング）に、対応するものである。すなわち、第2実施形態のインピーダンス・マッチング回路1bは、インピーダンス・マッチング回路110'のコンデンサ113と114を、第1および第2のリアクタンス回路30と40にそれぞれ置換したものに相当する。つまり、第1および第2のリアクタンス回路30と40は、それぞれコンデンサ113と114と等価である。

【0102】第2実施形態のインピーダンス・マッチング回路1bでは、後述するように、第1実施形態のインピーダンス・マッチング回路1aとは逆に、スミス・チャートにおいて点  $D_1$  と  $D_2$  は負方向にシフトされる。このインピーダンス・マッチング回路1bは、図12に示すように、出力側に接続された高周波回路4'が誘導性のインピーダンスを持つ場合（例えばフィルタFを含む場合）に好適に適用されるものである。

【0103】図8では、従来のインピーダンス・マッチング回路110'は、フィルタFから構成される高周波回路140'の入力端子132に接続されている。インピーダンス・マッチング回路110'は、両端が出力端子131と入力端子132に接続されたコンデンサ113と、一方の端子が出力端子131に接続され、他方の端子が接地されたコンデンサ114とから構成されている。

【0104】第2実施形態のインピーダンス・マッチング回路1bでは、図12に示すように、リアクタンス  $X_3$  を持つ第1リアクタンス回路30は三つのリアクタンス素子31、32、33から構成される。リアクタンス素子31は、キャパシタンス  $C_{11}$  を有するコンデンサである。リアクタンス素子32は、キャパシタンス  $C_{12}$  を有するコンデンサである。リアクタンス素子33は、インダクタンス  $L_1$  を有するコイルである。コンデンサ32の一方の端子とコイル33の一方の端子は、出力端子3に共通接続されている。コンデンサ32の他方の端子とコイル33の他方の端子は、コンデンサ31の一方の端子に共通接続されている。従って、コンデンサ32とコイル33は互いに並列に接続されている。コンデンサ31の他方の端子は入力端子2に接続されている。

【0105】互いに並列に接続されたコンデンサ32とコイル33は、図9(a)に示すように、共振周波数  $f_{03}$  を有する並列共振回路34を構成する。よって、第1リアクタンス回路30は、入力端子2と出力端子3との間で、コンデンサ31と並列共振回路34が互いに直列に接続された構成を持つ。

【0106】リアクタンス  $X_4$  を持つ第2リアクタンス回路40は、第1リアクタンス回路30と同じ構成であり、三つのリアクタンス素子41、42、43から構成

される。リアクタンス素子 4 1 は、キャパシタンス  $C_{21}$  を有するコンデンサである。リアクタンス素子 4 2 は、キャパシタンス  $C_{22}$  を有するコンデンサである。リアクタンス素子 4 3 は、インダクタンス  $L_2$  を有するコイルである。コンデンサ 4 2 の一方の端子とコイル 4 3 の一方の端子は、コンデンサ 4 1 の一方の端子に共通接続されている。コンデンサ 4 2 の他方の端子とコイル 4 3 の他方の端子は、共通に接地されている。従って、コンデンサ 4 2 とコイル 4 3 は互いに並列に接続されている。コンデンサ 4 1 の他方の端子は入力端子 2 に接続されている。

【0107】互いに並列に接続されたコンデンサ 4 2 とコイル 4 3 は、図 9 (b) に示すように、共振周波数  $f_{04}$  を有する並列共振回路 4 4 を構成する。よって、第 2 リアクタンス回路 4 0 は、入力端子 2 と接地との間で、コンデンサ 4 1 と並列共振回路 4 4 が互いに直列に接続された構成を持つ。

【0108】ここでは、二つのリアクタンス回路 3 0 と 4 0 はいずれも、リアクタンス（インピーダンスの虚数成分）のみから構成されており、抵抗（インピーダンスの実数成分）を含んでいない。しかし、リアクタンスに加えて抵抗を含む場合は、二つのリアクタンス回路 3 0 と 4 0 をインピーダンス回路にそれぞれ置換すればよく、その場合は図 1 (a) と同じ回路構成となる。

【0109】次に、以上の構成を持つ第 2 実施形態のインピーダンス・マッチング回路 1 b が、二つの周波数  $f_1$  と  $f_2$  でインピーダンス・マッチングが行える理由について説明する。

【0110】まず、信号周波数  $f$  における第 1 リアクタンス回路 3 0 のリアクタンス素子すなわちコンデンサ 3 1 のリアクタンス  $X_{31}$  は、次の数式 (7) で与えられる。

【0111】

【数 7】

$$X_{31} = \frac{-j}{(2\pi f) C_{11}} \quad (7)$$

【0112】数式 (7) で与えられるコンデンサ 3 1 のリアクタンス  $X_{31}$  を図示すると図 10 (b) のようになる。すなわち、リアクタンス  $X_{31}$  の周波数特性は  $f$  軸と  $X_{31}$  軸を漸近線とする曲線と与えられ、常に負の値を持つと共に、信号周波数  $f$  が 0 から上昇するにつれて一無限大から単調に増加し、0 に収束する。

【0113】他方、コンデンサ 3 2 とコイル 3 3 からなる並列共振回路 3 4 のリアクタンス  $X_{LC3}$  は、次の数式 (8) で与えられる。

【0114】

【数 8】

$$X_{LC3} = \frac{j}{\frac{1}{(2\pi f) L_1} - (2\pi f) C_{12}} \quad (8)$$

【0115】数式 (8) で与えられる並列共振回路 3 4 のリアクタンス  $X_{LC3}$  を図示すると、図 4 (c) に示す第 1 実施形態の並列共振回路 1 4 の場合と同じとなる。すなわち、リアクタンス  $X_{LC3}$  の周波数特性は、並列共振回路 1 4 の共振周波数  $f_{03}$  に引いた鉛直線を漸近線とする曲線と与えられる。ただし、共振周波数  $f_{03}$  は次の数式 (9) で与えられる。

【0116】

【数 9】

$$f_{03} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1 C_{12}}} \quad (9)$$

【0117】従って、リアクタンス  $X_{LC3}$  は、信号周波数  $f$  が  $f_{03}$  より低い範囲では、 $f$  の上昇に伴って 0 から徐々に増加し、 $f_{03}$  に近づくにつれて +無限大まで増加する。信号周波数  $f$  が  $f_{03}$  より高い範囲では、 $f$  の減少と共にリアクタンス  $X_{LC3}$  は徐々に減少し、 $f_{03}$  に近づくにつれて -無限大に達する。他方、 $f$  の増加と共に増加して 0 に収束する。

【0118】第 1 リアクタンス回路 3 0 のリアクタンス  $X_3$  は、コイル 3 1 のリアクタンス  $X_{31}$  と並列共振回路 3 4 のリアクタンス  $X_{LC3}$  の和であるから、リアクタンス  $X_3$  の周波数特性は、図 10 (b) と図 4 (c) の周波数特性を合成することにより得られる。それを図 10 (a) に示す。

【0119】図 10 (a) から明らかなように、第 1 リアクタンス回路 3 0 のリアクタンス  $X_3$  の周波数特性は、並列共振回路 3 4 のリアクタンス  $X_{LC3}$  の周波数特性（図 4 (c) 参照）と同じ傾向を持つ。すなわち、リアクタンス  $X_3$  は、共振周波数  $f_{03}$  に引いた鉛直線  $B'$  を一つの漸近線とする曲線と与えられ、信号周波数  $f$  が  $f_{03}$  より低い時は、信号周波数  $f$  が共振周波数  $f_{03}$  の近傍から低下するにつれて +無限大から徐々に減少し、 $f = 0$  の時に -無限大になる。信号周波数  $f$  が  $f_{03}$  より高い時は、 $f_{03}$  の近傍から上昇するにつれて、リアクタンス  $X_3$  は -無限大から徐々に増加し、0 に収束する。

【0120】図 10 (a) から明らかなように、信号周波数  $f$  が共振周波数  $f_{03}$  より小さい値を持つ場合には、リアクタンス  $X_3$  は -無限大から +無限大までの値を取りうる。信号周波数  $f$  が共振周波数  $f_{03}$  より大きい値を持つ場合には、リアクタンス  $X_3$  は任意の負の値を取りうる。他方、並列共振回路 3 4 の共振周波数  $f_{03}$  の値は、所望の二つの周波数  $f_1$  と  $f_2$  の間に設定する必要があるが、その範囲で  $f_{03}$  の値を変えると、鉛直方向に延在する漸近線  $B'$  が（それに伴って特性曲線も） $f$  軸に沿って変位する。よって、 $f_{03}$  の値を適当に設定することにより、所望のマッチング周波数  $f_1$  と  $f_2$  におけるリアクタンス  $X_3$  を所望の値にそれぞれ独立して設定することが可能である。換言すれば、十分離れた二つの周波数  $f_1$  と  $f_2$  におけるリアクタンス  $X_3$  の値を独立して任

意に調整可能である。

【0121】図10(a)～(b)において、 $X_{31}(f_1)$ と $X_{31}(f_2)$ は、 $f=f_1$ および $f=f_2$ におけるコンデンサ31のリアクタンス $X_{31}$ の値をそれぞれ示し、 $X_3(f_1)$ と $X_3(f_2)$ は、 $f=f_1$ および $f=f_2$ における第1リアクタンス回路30のリアクタンス $X_3$ の値をそれぞれ示している。

【0122】第1リアクタンス回路30におけるコンデンサ31、32のキャパシタンス $C_{11}$ 、 $C_{12}$ とコイル33のインダクタンス $L_1$ の値を、所望のマッチング周波数 $f_1$ 、 $f_2$ と第1リアクタンス回路30のリアクタンス $X_3$ の値から直接、解析的に求めることは困難であるが、電子計算機を使用して漸近的に収束値を求めていくことにより、所望の解を求めることができる。

【0123】なお、図10(a)から明らかなように、第2実施形態では、低い方の周波数 $f_1$ における第1リアクタンス回路30のリアクタンス $X_3$ の値 $X_3(f_1)$ は、正負いずれの値も取り得るが、高い方の周波数 $f_2$ におけるリアクタンス $X_3$ の値 $X_3(f_2)$ は負の値しか取れないという制限がある。従って、第2実施形態のインピーダンス・マッチング回路1bは、周波数 $f_2$ において第1リアクタンス回路30のリアクタンス $X_3(f_2)$ を正の値に設定する必要がある場合には適用できない。しかし、例えば、先に述べた第1実施形態また

$$X_{LC4} = \frac{j}{\frac{1}{(2\pi f)L_2} - (2\pi f)C_{22}} \quad (11)$$

【0129】並列共振回路44のリアクタンス $X_{LC4}$ の周波数特性は、図4(c)と同様に、その共振周波数 $f_{04}$ に引いた鉛直線を漸近線とする曲線で与えられる。ただし、並列共振回路44の共振周波数 $f_{04}$ は次の数式(12)で与えられる。

$$f_{04} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_2 C_{22}}} \quad (12)$$

【0131】従って、並列共振回路44のリアクタンス $X_{LC4}$ は、信号周波数 $f$ が共振周波数 $f_{04}$ より低い範囲では、 $f$ の上昇に伴って0から徐々に増加し、 $f_{04}$ に近づくにつれて+無限大まで増加する。信号周波数 $f$ が $f_{04}$ より高い範囲では、 $f$ の減少と共にリアクタンス $X_{LC4}$ は徐々に減少し、 $f_{04}$ に近づくにつれて-無限大に達する。他方、 $f$ の増加と共に0に収束する。

【0132】図9(b)の回路構成から明らかなように、第2リアクタンス回路40のリアクタンス $X_4$ は、コンデンサ41のリアクタンス $X_{41}$ と並列共振回路44のリアクタンス $X_{LC4}$ の和である。よって、第2リアクタンス回路40のリアクタンス $X_4$ の周波数特性は、図10(b)と図4(c)の周波数特性を合成して得られ

は後述の第3～第4実施形態のいずれかを適用することにより、この制限は除去できる。

【0124】次に、第2リアクタンス回路40について説明する。図9と図12から明らかなように、第2リアクタンス回路40は第1リアクタンス回路30と同じ構成であるので、第1リアクタンス回路30に関する上記説明がそのまま適用できる。すなわち、第2リアクタンス回路40のリアクタンス素子すなわちコイル41のリアクタンス $X_{41}$ は、次の数式(10)で与えられる。

【0125】

【数10】

$$X_{41} = \frac{-j}{(2\pi f)C_{21}} \quad (10)$$

【0126】数式(10)で与えられるコンデンサ41のリアクタンス $X_{41}$ の周波数特性は、図10(b)と同様である。すなわち、リアクタンス $X_{41}$ の周波数特性は $f$ 軸と縦軸を漸近線とする曲線で与えられ、常に負の値を持つと共に、信号周波数 $f$ が0から上昇するにつれて-無限大から単調に増加し、0に収束する。

【0127】他方、コンデンサ42コイル43からなる並列共振回路44のリアクタンス $X_{LC4}$ は、次の数式(11)で与えられる。

【0128】

【数11】

る。これは図10(a)と同様である。

【0133】図10(a)から明らかなように、第2リアクタンス回路40のリアクタンス $X_4$ の周波数特性は、並列共振回路44のリアクタンス $X_{LC4}$ の周波数特性(図4(c)参照)と同じ傾向を持つ。すなわち、リアクタンス $X_4$ は、信号周波数 $f$ が $f_{04}$ より低い時は、信号周波数 $f$ が共振周波数 $f_{04}$ の近傍から低下するにつれて+無限大から徐々に減少し、 $f=0$ の時に-無限大になる。信号周波数 $f$ が $f_{04}$ より高い時は、 $f_{04}$ の近傍から上昇するにつれて、リアクタンス $X_4$ は-無限大から徐々に増加し、0に収束する。

【0134】図10(a)から明らかなように、信号周波数 $f$ が共振周波数 $f_{04}$ より小さい値を持つ場合には、リアクタンス $X_4$ は-無限大から+無限大までの値を取りうる。信号周波数 $f$ が共振周波数 $f_{04}$ より大きい値を持つ場合には、リアクタンス $X_4$ は任意の負の値を取りうる。他方、並列共振回路44の共振周波数 $f_{04}$ の値を所望の二つの周波数 $f_1$ と $f_2$ の間で変えると、鉛直方向に延在する漸近線 $B'$ (と特性曲線)が $f$ 軸に沿って変位する。よって、 $f_{04}$ の値を適当に設定することにより、所望のマッチング周波数 $f_1$ と $f_2$ におけるリアクタンス $X_4$ を所望の値にそれぞれ独立して設定することが可能である。換言すれば、十分離れた二つの周波数 $f_1$

と  $f_2$  におけるリアクタンス  $X_4$  の値を独立して任意に調整可能である。

【0135】第2リアクタンス回路40におけるコイルコンデンサ41、42のキャパシタンス  $C_{21}$ 、 $C_{22}$  と、コイル43のインダクタンス  $L_2$  の値を、所望のマッチング周波数  $f_1$ 、 $f_2$  と第2リアクタンス回路40のリアクタンス  $X_4$  の値から直接、解析的に求めることは困難であるが、電子計算機を使用して漸近的に収束値を求めていくことにより、所望の解を求めることが可能である。

【0136】なお、図10(a)から明らかなように、 $f = f_1$  におけるリアクタンス  $X_4$  の値は、正負いずれの値も取り得るが、 $f = f_2$  におけるリアクタンス  $X_4$  の値は負の値しか取れないという制限がある。従って、第2実施形態のインピーダンス・マッチング回路1bは、周波数  $f_2$  において第2リアクタンス回路40のリアクタンス  $X_2$  を正の値に設定する必要がある場合には適用できない。しかし、例えば、先に述べた第1実施形態または後述の第3～第4の実施形態のいずれかを適用することにより、この制限は除去できる。

【0137】以上述べたように、本発明の第2実施形態のインピーダンス・マッチング回路1bによれば、周波数  $f_1$  と  $f_2$  における第1、第2リアクタンス回路30、40のリアクタンス  $X_3$ 、 $X_4$  の値をそれぞれ適当に設定することにより、入力端子2側に接続された高周波回路5の出力インピーダンスと出力端子3側に接続された高周波回路4'の入力インピーダンスとを、十分離れた二つの周波数  $f_1$  と  $f_2$  においてそれぞれ最適値にマッチングさせることが可能となる。また、これにより、離れた周波数  $f_1$  と  $f_2$  (例えば、820MHzと1900MHz) をそれぞれ含む二つの周波数帯の信号を処理するシステムの回路構成を簡略化できる。

【0138】さらに、二つの周波数  $f_1$  と  $f_2$  においてそれぞれ最適値にインピーダンス・マッチングできるため、先に述べた従来例(図34参照)のようなインピーダンス・マッチング回路のQの低下に起因する電力損失を防止できる。すなわち、インピーダンス・マッチング回路1aで生じる電力損失が抑制される。

【0139】次に、以上の構成を持つ第2実施形態のインピーダンス・マッチング回路1bにより二つの周波数  $f_1$  と  $f_2$  においてインピーダンス・マッチングが行える原理を、図11を参照しながら説明する。図11は、本発明の第2実施形態のインピーダンス・マッチング回路1bの動作原理を説明するためのスミス・チャートである。第1実施形態の場合と同様に、インピーダンス・マッチング回路1bを用いて、出力端子3に接続された高周波回路4'の入力インピーダンスを入力端子2に接続された高周波回路5の出力インピーダンス(=50Ω)にマッチングさせるものとする。

【0140】図11のスミス・チャートにおいて、点D

1' と D2' は、出力端子3に接続された高周波回路4'の信号周波数  $f_1$  と  $f_2$  における入力インピーダンスの値にそれぞれ対応する。点D1' と D2' では、リアクタンス値はいずれも正である。図11におけるその他の参照符号は、図7のそれと同じである。

【0141】まず、信号周波数  $f_1$  と  $f_2$  における第1リアクタンス回路30のリアクタンス  $X_3$  をそれぞれ適当な値に設定し、点D1' と D2' の双方をアドミッタンス値が(1/50Ω)に等しい円A'上の点C1' と C2' にそれぞれ移動させる。

【0142】次に、信号周波数  $f_1$  と  $f_2$  における第2リアクタンス回路40のリアクタンス  $X_4$  の値を適当に設定し、円A'上にある点C1' と C2' の双方を円A'の円周に沿って移動させて中心点Oにそれぞれ重ね合わせる。こうして、出力端子3側の高周波回路4'の入力インピーダンスの値は、所望の信号周波数  $f_1$  と  $f_2$  の双方において入力端子2側の高周波回路5の出力インピーダンス50Ωにマッチングされる。

【0143】これに対して、図8に示したような従来のインピーダンス・マッチング回路110'では、このような移動は不可能である。これは、この従来例では、点D1'をアドミッタンス値が(1/50Ω)に等しい円A'上の点C1'に移動させると、点D2'が円B上の点C3'まで移動してしまうからである。

【0144】以上説明したように、本発明の第2実施形態のインピーダンス・マッチング回路1bでは、第1、第2のリアクタンス回路30と40が図12に示すような構成を持つため、信号周波数  $f_1$  と  $f_2$  における第1リアクタンス回路30のリアクタンス  $X_3$  をそれぞれ適当な値に設定することにより、点D1' と D2' の双方を円A上の点C1' と C2' にそれぞれ移動させ、その後、信号周波数  $f_1$  と  $f_2$  における第2リアクタンス回路40のリアクタンス  $X_4$  の値を適当に設定することにより、点C1' と C2' の双方を原点Oまで移動させることができる。その結果、異なる周波数  $f_1$  と  $f_2$  の双方において、高周波回路5と4'の間でインピーダンスのマッチングを取ることが可能となる。

【0145】(第3実施形態)図13は、本発明の第3実施形態のインピーダンス・マッチング回路に使用する第1リアクタンス回路50を示す回路図である。

【0146】先に述べた第1実施形態のインピーダンス・マッチング回路1a(図2参照)では、周波数が  $f_1$  の時にリアクタンス  $X_1$  または  $X_2$  が負の値を持つ必要がある時にはインピーダンス・マッチングを実現できない。また、第2実施形態のインピーダンス・マッチング回路1b(図12参照)では、周波数が  $f_2$  の時にリアクタンス  $X_3$  または  $X_4$  が正の値を持つ必要がある時にはインピーダンス・マッチングを実現できない。しかし、第3実施形態のインピーダンス・マッチング回路では、このような問題が解決され、いずれのリアクタンスも正

負、双方の値を取りうる。

【0147】図13において、第1リアクタンス回路50は四つのリアクタンス素子51、52、53、54から構成される。リアクタンス素子51と54は、インダクタンス $L_{11}$ と $L_{12}$ をそれぞれ有するコイルである。リアクタンス素子52と53は、キャパシタンス $C_{11}$ と $C_{12}$ をそれぞれ有するコンデンサである。コイル54の一方の端子とコンデンサ53の一方の端子は、出力端子3に共通接続されている。コイル54の他方の端子とコンデンサ53の他方の端子は、コンデンサ52の一方の端子に共通接続されている。従って、コイル54とコンデンサ53は互いに並列に接続されている。コンデンサ52の他方の端子はコイル51の一方の端子に接続されている。コイル51の他方の端子は、入力端子2に接続されている。

【0148】互いに並列に接続されたコイル54とコンデンサ53は、共振周波数 $f_{05}$ を有する並列共振回路55を構成する。よって、第1リアクタンス回路50は、入力端子2と出力端子3との間で、コイル51とコンデンサ52と並列共振回路55とが互いに直列に接続された構成を持つ。

【0149】第1リアクタンス回路50のリアクタンス $X_5$ の周波数特性は、コイル51（図4（b）参照）とコンデンサ52（図10（b）参照）と並列共振回路55（図4（c）参照）の周波数特性を合成して得られる。換言すれば、リアクタンス $X_5$ の周波数特性は、図4（a）と図10（b）の周波数特性の和に等しい。それを図14に示す。図14から明らかなように、周波数 $f_1$ と $f_2$ の双方において、リアクタンス $X_5$ は正負いずれの値も取り得る。よって、上述の第1および第2実施例の持つ利点に加えて、それら第1および第2実施例で述べた制限が除去されるという利点がある。

【0150】図示しない第2リアクタンス回路は、通常、第1リアクタンス回路50と同じ構成とされるが、これに限定されない。第2リアクタンス回路の回路構成を第1実施形態または第2実施形態のそれと同じにすることもできる。

【0151】（第4実施形態）図15は、本発明の第4実施形態のインピーダンス・マッチング回路に使用する第1リアクタンス回路50Aを示す回路図である。これは第3実施形態の変形例に相当する。

【0152】図15において、リアクタンス $X_5'$ を持つ第1リアクタンス回路50Aは、四つのリアクタンス素子51、52、53、54から構成される第3実施形態の第1リアクタンス回路50（図13参照）に対して、二つのリアクタンス素子56と57を追加した構成を持つ。追加されたリアクタンス素子56はキャパシタンス $C_{13}$ を有するコンデンサ、追加されたリアクタンス素子57はインダクタンス $L_{13}$ を有するコイルである。

【0153】コンデンサ56の一方の端子とコイル57の一方の端子は、出力端子3に共通接続されている。コンデンサ56の他方の端子とコイル57の他方の端子は、共通接続されたコンデンサ53とコイル54の端子に共通接続されている。こうして互いに並列に接続されたコンデンサ56とコイル57は、共振周波数 $f_{06}$ を有する並列共振回路58を構成する。よって、第1リアクタンス回路50Aは、入力端子2と出力端子3との間で、コイル51とコンデンサ52と並列共振回路55と並列共振回路58が互いに直列に接続された構成を持つ。

【0154】図16は、以上の構成を持つ第4実施形態のインピーダンス・マッチング回路のリアクタンス $X_5'$ の周波数特性図である。これは、第3実施形態の第1リアクタンス回路50の周波数特性（図14参照）と並列共振回路58の周波数特性（図4（c）参照）を合成したものに等しい。

【0155】図16から明らかなように、三つの信号周波数 $f_1$ 、 $f_2$ 、 $f_3$ のそれぞれにおいて、リアクタンス $X_5'$ は正負いずれの値も取り得る。よって、上述の第1および第2実施例の持つ利点に加えて、三つの周波数 $f_1$ 、 $f_2$ 、 $f_3$ のそれぞれにおいて最適なインピーダンス・マッチングが可能となるという利点があり、さらに、第1および第2実施例で述べた制限が除去されるという利点もある。

【0156】図示しない第2リアクタンス回路は、通常、第1リアクタンス回路50Aと同じ構成とされるが、これに限定されない。必要に応じて、第2リアクタンス回路の回路構成を第1～第3実施形態のいずれかの構成を採用することもできる。

【0157】なお、上記第4実施形態のインピーダンス・マッチング回路では、三つの周波数 $f_1$ 、 $f_2$ 、 $f_3$ においてそれぞれインピーダンスをマッチングさせているが、これと同様に並列共振回路をさらに追加していくことにより、四つ以上の周波数のそれぞれにおいてインピーダンスをマッチングさせることができることは言うまでもない。

【0158】（第5実施形態）上述した第1～第4の実施形態では、第1、第2のリアクタンス回路の各々が「並列共振回路」を含んでいる。しかし、本発明はこれに限定されず、以下に説明するように、各リアクタンス回路が「直列共振回路」を含むように構成することもできる。

【0159】図17（a）は、キャパシタンス $C_{01}$ を持つコンデンサ61のみからなるリアクタンス回路71を示す。このリアクタンス回路71のアドミッタンス $Y_c$ は、次の数式（13）で与えられる。

【0160】

【数13】

$$Y_C = j(2\pi f) C_{01} \quad (13)$$

【0161】数式(13)で与えられるアドミッタンス $Y_C$ の周波数特性は、図17(b)に示すようになる。この特性は、図4(b)のリアクタンス $X_{11}$ の周波数特性と同じ傾向を持つ。

【0162】図18(a)は、インダクタス $L_{01}$ を持つコイル62のみからなるリアクタンス回路72を示す。このリアクタンス回路72のアドミッタンス $Y_L$ は、次の数式(14)で与えられる。

【0163】

【数14】

$$Y_L = \frac{-j}{(2\pi f) L_{01}} \quad (14)$$

【0164】数式(14)で与えられるアドミッタンス

$$Y_{LC} = \frac{j}{(2\pi f) C_{01} - (2\pi f) L_{01}} \quad (15)$$

【0167】数式(15)で与えられるアドミッタンス $Y_{LC}$ の周波数特性は、図19(b)に示すようになる。この特性は、図4(c)の並列共振回路14のリアクタンス $X_{LC1}$ の周波数特性と同じ傾向を持つ。すなわち、リアクタンス $X_{LC1}$ の周波数特性は、 $f = f_0$ に引いた鉛直線を一つの漸近線とする曲線で与えられる。ただし、 $f_0$ は直列共振回路81の共振周波数で、次の数式(16)で与えられる。

【0168】

【数16】

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_{01} C_{01}}} \quad (16)$$

【0169】図20(a)は、図19(a)の直列共振回路81に、キャパシタンス $C_{02}$ を持つコンデンサ63を並列接続してなるリアクタンス回路74を示す。このリアクタンス回路74のアドミッタンス $Y_1$ の周波数特性は、図20(b)に示すようになる。この特性は、図4(a)の第1リアクタンス回路10aのリアクタンス $X_1$ の周波数特性と同じ傾向を持つ。

【0170】本発明の第5実施形態のインピーダンス・マッチング回路では、第1および第2のリアクタンス回路として、図20(a)のリアクタンス回路74を使用する。その他の構成は、第1実施形態のそれと同じである。

【0171】アドミッタンスはインピーダンスの逆数に等しいから、アドミッタンスを任意の値に設定できれば、インピーダンスでも任意の値を取ることが可能である。よって、図7に示したスミス・チャートを使用すれば、図20(a)のリアクタンス回路74を用いた場合でも、第1実施形態において説明したのと同様の方法により、信号周波数 $f_1$ と $f_2$ における第1および第2の

$Y_L$ の周波数特性は、図18(b)に示すようになる。この特性は、図10(b)のリアクタンス $X_{31}$ の周波数特性と同じ傾向を持つ。

【0165】図19(a)は、キャパシタンス $C_{01}$ を持つコンデンサ61とインダクタス $L_{01}$ を持つコイル62を直列に接続してなるリアクタンス回路73を示す。コンデンサ61とコイル62からなる回路は、共振周波数 $f_0$ を持つ直列共振回路81を構成する。このリアクタンス回路73(すなわち直列共振回路81)のアドミッタンス $Y_{LC}$ は、次の数式(15)で与えられる。

【0166】

【数15】

アクタンス回路のリアクタンス(またはアドミッタンス)をそれぞれ適当な値に設定することによって、信号周波数 $f_1$ と $f_2$ における高周波回路4の入力インピーダンスに対応する二つの点の双方を中心点Oまで移動させることができる。その結果、異なる周波数 $f_1$ と $f_2$ の双方において、二つの高周波回路の間で最適値にインピーダンスのマッチングを取ることが可能である。

【0172】(第6実施形態)図21(a)は、図19(a)の直列共振回路81に、インダクタンス $L_{02}$ を有するコイル64を並列接続してなるリアクタンス回路75を示す。このリアクタンス回路75のアドミッタンス $Y_2$ の周波数特性は、図19(b)と図18(b)の周波数特性の和であるから、図21(b)に示すようになる。この特性は、図10(a)のリアクタンス回路20のリアクタンス $X_3$ の周波数特性と同じ傾向を持つ。

【0173】本発明の第6実施形態のインピーダンス・マッチング回路では、第1および第2のリアクタンス回路として、図21(a)のリアクタンス回路75を使用する。その他の構成は、第2実施形態のそれと同じである。

【0174】(第7実施形態)図22(a)は、図19(a)の直列共振回路81に、キャパシタンス $C_{02}$ を有するコンデンサ63とインダクタス $L_{02}$ を有するコイル64とを並列接続してなるリアクタンス回路76を示す。このリアクタンス回路76のアドミッタンス $Y_3$ の周波数特性は、図21(b)と図17(b)の周波数特性の和であるから、図22(b)に示すようになる。この特性は、図13のリアクタンス回路50のリアクタンス $X_5$ の周波数特性(図14参照)と同じ傾向を持つ。

【0175】本発明の第7実施形態のインピーダンス・マッチング回路では、第1および第2のリアクタンス回路として、図22(a)のリアクタンス回路76を使用

する。その他の構成は、第3実施形態のそれと同じである。

【0176】（第8実施形態）図23（a）は、図19（a）の直列共振回路81と、それと同じ構成を持つ直列共振回路82と、キャパシタンス $C_{02}$ を有するコンデンサ63と、インダクタンス $L_{02}$ を有するコイル64とを並列接続してなるリアクタンス回路77を示す。直列共振回路82は、キャパシタンス $C_{01'}$ を持つコンデンサ61'とインダクタンス $L_{01'}$ を持つコイル62'を直列に接続して構成される。

【0177】このリアクタンス回路76のアドミッタンス $Y_4$ の周波数特性は、図22（b）と図20（b）の周波数特性の和であるから、図23（b）に示すようになる。この特性は、図15のリアクタンス回路50Aのリアクタンス $X_5'$ の周波数特性（図16参照）と同じ傾向を持つ。図20（b）において、 $f_{02'}$ は、直列共振回路82の共振周波数である。

【0178】本発明の第8実施形態のインピーダンス・マッチング回路では、第1および第2のリアクタンス回路として、図23（a）のリアクタンス回路77を使用する。その他の構成は、第4実施形態のそれと同じである。

【0179】（使用状態）図24は、本発明のインピーダンス・マッチング回路の使用状態を示す回路図であり、本発明のインピーダンス・マッチング回路を無線通信機の受信機に適用した場合を示す。

【0180】アンテナ側に設けられたフィルタF1と高周波回路4のトランジスタ $T_r$ との間に、インピーダンス・マッチング回路1a'が設けられ、高周波回路4のトランジスタ $T_r$ と周波数ミキサ側に設けられたフィルタF2との間に、インピーダンス・マッチング回路1a''が設けられている。インピーダンス・マッチング回路1a'と1a''は、それぞれ、第1実施形態の第2リアクタンス回路20a（図2参照）と第2実施形態の第1リアクタンス回路30（図12参照）から構成される。なお、 $R_1$ 、 $R_2$ は抵抗器、 $C_p$ はコンデンサである。

【0181】図25は、本発明のインピーダンス・マッチング回路を図38または図39に示す回路構成の受信機に適用した場合の回路構成を示すブロック図である。図25では、820MHz帯と1900MHz帯の両周波数バンドにおいて共用すべく、それら両周波数バンドの受信信号の双方を増幅できる高周波増幅器102cを用いている。それ以外の構成は図39のそれと同じである。この回路構成とすることにより、高周波増幅器102cは図35（b）に示す好適なVSWR-f特性を持つ。

【0182】（変形例）図26～図27は、本発明のインピーダンス・マッチング回路の変形例を示す回路図である。

【0183】先に述べたように、本発明の第1実施形態（図2参照）は「L-Lマッチング」の構成を持ち、第2実施形態（図12参照）は「C-Cマッチング」の構成を持つ。しかし、本発明はこれらの構成に限定されない。

【0184】すなわち、図26（a）は、従来の「L-Cマッチング」の構成のインピーダンス・マッチング回路を示す。この回路は、入力端子2と2'の間に接続されたコイル132と、入力端子2と出力端子3の間に接続されたコンデンサ131から構成される。

【0185】この構成に対応する本発明のインピーダンス・マッチング回路は、例えば図26（b）に示すような構成になる。図26（b）中の参照符号は、第1および第2実施形態で使用したものと同じである。

【0186】図27（a）は、従来の「C-Lマッチング」の構成のインピーダンス・マッチング回路を示す。この回路は、入力端子2と2'の間に接続されたコンデンサ134と、入力端子2と出力端子3の間に接続されたコイル133から構成される。

【0187】この構成に対応する本発明のインピーダンス・マッチング回路は、例えば図27（b）に示すような構成になる。図27（b）中の参照符号も、第1および第2実施形態で使用したものと同じである。

【0188】図28～図33も、本発明のインピーダンス・マッチング回路の変形例を示す回路図であるが、図26～図27とは異なり、入力端子2、2'と出力端子3、3'の間における各インピーダンス回路の接続の変形例を示す。

【0189】図28の接続では、インピーダンス・マッチング回路1が、図1（a）と同様に、それぞれインピーダンス $Z_1$ と $Z_2$ を持つ第1、第2のインピーダンス回路10と20から構成されているが、その接続方法が異なっている。すなわち、第1インピーダンス回路10の二つの端子は、入力端子2と出力端子3にそれぞれ接続されている。また、第2インピーダンス回路20の一方の端子は出力端子3に接続され、他方の端子は入力端子2'と出力端子3'に共通接続されている。

【0190】図29の接続では、インピーダンス・マッチング回路1が、図1（a）とは異なり、それぞれインピーダンス $Z_1$ と $Z_2$ と $Z_3$ を持つ第1、第2、第3のインピーダンス回路10と20と30'から構成されている。第1、第2のインピーダンス回路10と20は、入力端子2と出力端子3の間で互いに直列に接続されている。第3インピーダンス回路30'の一方の端子は、第1、第2のインピーダンス回路10と20の接続点に接続され、他方の端子は入力端子2'と出力端子3'に共通接続されている。

【0191】図30の接続では、インピーダンス・マッチング回路1が、図29と同様に、それぞれインピーダンス $Z_1$ と $Z_2$ と $Z_3$ を持つ第1、第2、第3のインピー



ダンス回路10と20と30'から構成されている。第1インピーダンス回路10は、入力端子2と2'の間に接続されている。第3インピーダンス回路30'は、出力端子3と3'の間に接続されている。第2インピーダンス回路20の二つの端子は、入力端子2と出力端子3にそれぞれ接続されている。

【0192】図31の接続では、インピーダンス・マッチング回路1が、図1(a)とは異なり、それぞれインピーダンス $Z_1$ 、 $Z_2$ 、 $Z_3$ 、 $Z_4$ 、 $Z_5$ を持つ第1、第2、第3、第4、第5のインピーダンス回路10と20と30'と40'と50'から構成されている。第1、第2、第3のインピーダンス回路10と20と30'の接続は、図29の場合と同じである。第4、第5のインピーダンス回路40'と50'は、入力端子2'と出力端子3'の間で互いに直列に接続されている。第3インピーダンス回路30'の一方の端子は、第1、第2のインピーダンス回路10と20の接続点に接続され、他方の端子は第4、第5のインピーダンス回路40'と50'の接続点に接続されている。

【0193】図32の接続では、インピーダンス・マッチング回路1が、それぞれインピーダンス $Z_1$ 、 $Z_2$ 、 $Z_3$ 、 $Z_4$ を持つ第1、第2、第3、第4のインピーダンス回路10と20と30'と40'から構成されている。第1インピーダンス回路10は、入力端子2'と2'の間に接続されている。第2インピーダンス回路20は、入力端子2と出力端子3の間に接続されている。第3インピーダンス回路30'は、出力端子3'と3'の間に接続されている。第4インピーダンス回路40'は、入力端子2'と出力端子3'の間に接続されている。

【0194】図33の接続では、インピーダンス・マッチング回路1が、それぞれインピーダンス $Z_1$ 、 $Z_2$ 、 $Z_3$ を持つ第1、第2、第3のインピーダンス回路10と20と30'から構成されている。第1インピーダンス回路10は、入力端子2と出力端子3の間に接続されている。第2インピーダンス回路20は、入力端子2'と出力端子3'の間に接続されている。第3インピーダンス回路30'は、出力端子3'と3'の間に接続されている。

【0195】図28～図33の各インピーダンス回路として、本発明のインピーダンス・マッチング回路の構成を使用できる。

【0196】図28～図33に示したものの以外にも種々の接続態様が考えられるが、本発明はいずれの接続態様に対しても適用可能である。

【0197】上述した第1～4の実施形態では、二つの高周波回路のインピーダンスを50Ωにマッチングする例について述べたが、本発明はこれに限定されないことはもちろんである。また、上述した第1～8の実施形態では、携帯電話に内蔵されている受信回路に適用した例を説明したが、本発明の適用対象はこの場合に限定され

ないことは言うまでもない。例えば、本発明のインピーダンス・マッチング回路は、携帯電話に内蔵されている送信回路にも適用可能であり、さらに、インピーダンス・マッチングが必要な他の任意の電子回路にも適用可能である。

【0198】

【発明の効果】以上説明したように、本発明のインピーダンス・マッチング方法とインピーダンス・マッチング回路によれば、互いに離れた二つあるいはそれ以上の周波数のそれぞれにおいて、前記第1回路と第2回路のインピーダンスをそれらの最適値にマッチングさせることができる。また、互いに離れた二つあるいはそれ以上の周波数帯の信号を処理できるシステムの回路構成を簡略化することが可能となる。さらに、インピーダンス・マッチングに起因する電力損失の増加を生じることもない。

【図面の簡単な説明】

【図1】(a)は本発明のインピーダンス・マッチング回路の構成例を示す回路図、(b)は本発明の第1実施形態のインピーダンス・マッチング回路の基本構成を示す回路図である。

【図2】本発明の第1実施形態のインピーダンス・マッチング回路の具体的構成を示す回路図である。

【図3】(a)は図2に示す第1実施形態のインピーダンス・マッチング回路の第1リアクタンス回路の回路図、(b)はその第2リアクタンス回路の回路図である。

【図4】(a)は図2に示すインピーダンス・マッチング回路における第1リアクタンス回路のリアクタンスの周波数特性図、(b)はその第1リアクタンス回路に使用されたコイルのリアクタンスの周波数特性図、(c)はその第1リアクタンス回路に使用された並列共振回路のリアクタンスの周波数特性図である。

【図5】図40に示す従来のインピーダンス・マッチング回路の回路図である。

【図6】図5に示す従来のインピーダンス・マッチング回路の動作を示すスミス・チャートである。

【図7】図2に示す第1実施形態のインピーダンス・マッチング回路の第1リアクタンス回路の動作を示すスミス・チャートである。

【図8】図40に示す従来の第1インピーダンス・マッチング回路において、各コイルをコンデンサに代えた従来のインピーダンス・マッチング回路の回路図である。

【図9】(a)は図12に示す本発明の第2実施形態のインピーダンス・マッチング回路の第1リアクタンス回路の回路図、(b)はその第2リアクタンス回路の回路図である。

【図10】(a)は第2実施形態のインピーダンス・マッチング回路の第1リアクタンス回路のリアクタンスの周波数特性図、(b)はその第1リアクタンス回路に使

用されたコンデンサのリアクタンスの周波数特性図である。

【図11】第2実施形態のインピーダンス・マッチング回路の第1リアクタンス回路の動作を示すスミス・チャートである。

【図12】本発明の第2実施形態のインピーダンス・マッチング回路の回路構成を示す回路図である。

【図13】本発明の第3実施形態のインピーダンス・マッチング回路に使用する第1リアクタンス回路の回路図である。

【図14】図13に示す本発明の第3実施形態のインピーダンス・マッチング回路に使用する第1リアクタンス回路のリアクタンスの周波数特性図である。

【図15】本発明の第4実施形態のインピーダンス・マッチング回路に使用する第1リアクタンス回路の回路図である。

【図16】図15に示す本発明の第4実施形態のインピーダンス・マッチング回路に使用する第1リアクタンス回路のリアクタンスの周波数特性図である。

【図17】コンデンサのみからなるリアクタンス回路の回路図と、そのアドミッタンスの周波数特性図である。

【図18】コイルのみからなるリアクタンス回路の回路図と、そのアドミッタンスの周波数特性図である。

【図19】直列接続されたコンデンサとコイルからなるリアクタンス回路の回路図と、そのアドミッタンスの周波数特性図である。

【図20】本発明の第5実施形態のインピーダンス・マッチング回路のリアクタンス回路に使用される、コンデンサとコイルからなる直列共振回路と、それに並列に接続されたコンデンサからなるリアクタンス回路の回路図と、そのアドミッタンスの周波数特性図である。

【図21】本発明の第6実施形態のインピーダンス・マッチング回路のリアクタンス回路に使用される、コンデンサとコイルからなる直列共振回路と、それに並列に接続されたコイルからなるリアクタンス回路の回路図と、そのアドミッタンスの周波数特性図である。

【図22】本発明の第7実施形態のインピーダンス・マッチング回路のリアクタンス回路に使用される、コンデンサとコイルからなる直列共振回路と、それに並列に接続されたコンデンサおよびコイルからなるリアクタンス回路の回路図と、そのアドミッタンスの周波数特性図である。

【図23】本発明の第8実施形態のインピーダンス・マッチング回路のリアクタンス回路に使用される、それぞれがコンデンサとコイルからなる二つの直列共振回路と、コンデンサと、コイルとを並列に接続してなるリアクタンス回路の回路図と、そのアドミッタンスの周波数特性図である。

【図24】本発明のインピーダンス・マッチング回路を無線通信機の受信機に適用した場合の具体的構成を示す

回路図である。

【図25】本発明のインピーダンス・マッチング回路を図38または図39に示す回路構成の受信機に適用した場合の回路構成を示すブロック図である。

【図26】「L-Cマッチング」の構成を持つ従来のインピーダンス・マッチング回路と、本発明のインピーダンス・マッチング回路の変形例を示す回路図である。

【図27】「C-Lマッチング」の構成を持つ従来のインピーダンス・マッチング回路と、本発明のインピーダンス・マッチング回路の変形例を示す回路図である。

【図28】本発明のインピーダンス・マッチング回路を適用可能な、入力端子対と出力端子対の間におけるインピーダンス回路の接続の変形例を示す回路図である。

【図29】本発明のインピーダンス・マッチング回路を適用可能な、入力端子対と出力端子対の間におけるインピーダンス回路の接続の他の変形例を示す回路図である。

【図30】本発明のインピーダンス・マッチング回路を適用可能な、入力端子対と出力端子対の間におけるインピーダンス回路の接続のさらに他の変形例を示す回路図である。

【図31】本発明のインピーダンス・マッチング回路を適用可能な、入力端子対と出力端子対の間におけるインピーダンス回路の接続のさらに他の変形例を示す回路図である。

【図32】本発明のインピーダンス・マッチング回路を適用可能な、入力端子対と出力端子対の間におけるインピーダンス回路の接続のさらに他の変形例を示す回路図である。

【図33】本発明のインピーダンス・マッチング回路を適用可能な、入力端子対と出力端子対の間におけるインピーダンス回路の接続のさらに他の変形例を示す回路図である。

【図34】携帯電話機に使用される従来の単一バンド受信回路（図37参照）のVSWRの周波数特性図である。

【図35】携帯電話機に使用される従来の二バンド受信回路（図38と図39参照）のVSWRの周波数特性図である。

【図36】携帯電話機に使用される従来の二バンド受信回路のVSWRの周波数特性図である。

【図37】携帯電話機に使用される従来の単一バンド受信回路の構成例を示す回路図である。

【図38】携帯電話機に使用される従来の二バンド受信回路の構成例を示す回路図である。

【図39】携帯電話機に使用される従来の二バンド受信回路の他の構成例を示す回路図である。

【図40】従来のインピーダンス・マッチング回路の構成例を示す回路図である。

【符号の説明】

- 1、1 a インピーダンス・マッチング回路
- 2、2' 入力端子
- 3、3' 出力端子
- 4、4'、5 高周波回路
- 10 第1インピーダンス回路
- 10 a 第1リアクタンス回路
- 11、12 コイル
- 13 コンデンサ
- 14 並列共振回路
- 20 第2インピーダンス回路
- 20 a 第2リアクタンス回路
- 21、22 コイル
- 23 コンデンサ
- 24 並列共振回路
- 30 第1リアクタンス回路
- 30' 第3インピーダンス回路
- 31、32 コンデンサ
- 33 コイル
- 34 並列共振回路
- 40 第2リアクタンス回路

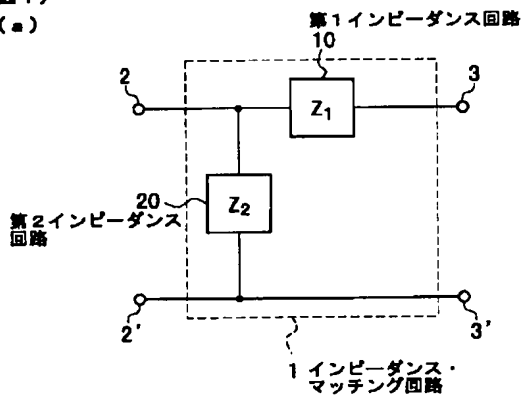
- 40' 第4インピーダンス回路
- 41、42 コンデンサ
- 43 コイル
- 44 並列共振回路
- 50、50 A 第1リアクタンス回路
- 50' 第5インピーダンス回路
- 51、54、57 コイル
- 52、53、56 コンデンサ
- 55、58 並列共振回路
- 61、61'、63 コンデンサ
- 62、62'、64 コイル
- 81、82 直列共振回路
- 101 アンテナ
- 102 c 高周波増幅器
- 103 周波数ミキサ
- 104 a、104 b 局部発振器
- 105 中間周波増幅器
- 106 復調器
- 110 スイッチ

【図1】

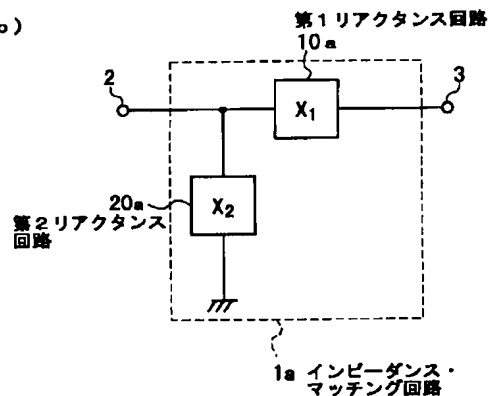
【図2】

(図1)

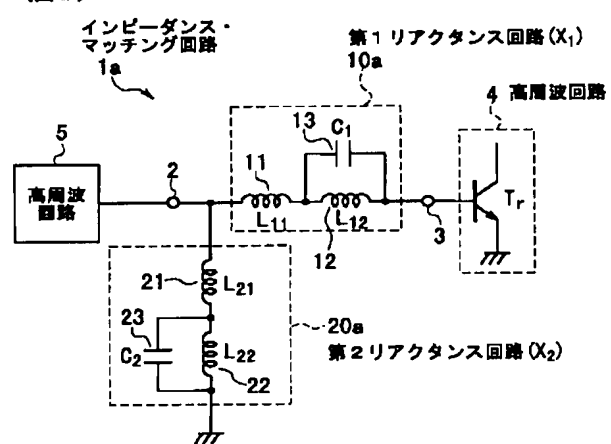
(a)



(b)

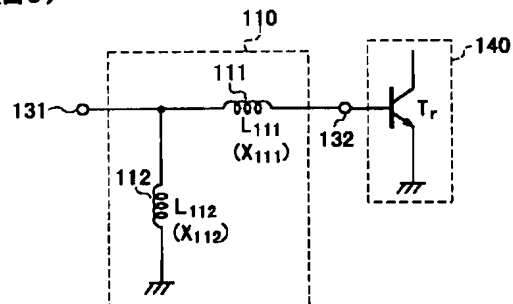


(図2)

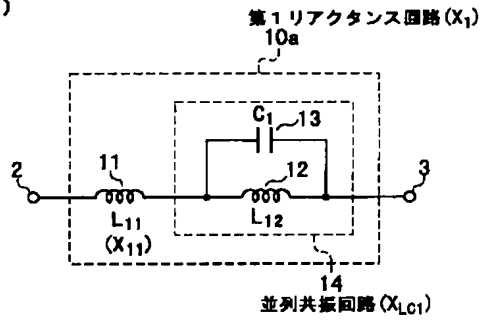


【図5】

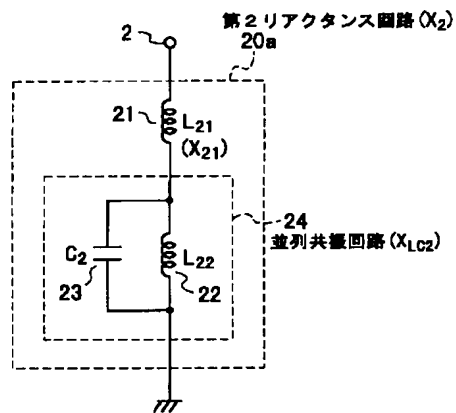
(図5)



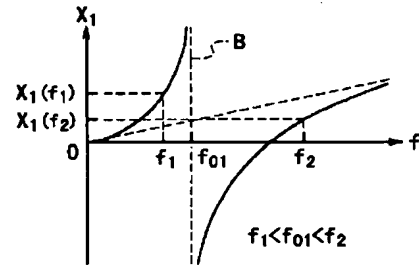
【図 3】

(図 3)  
(a)

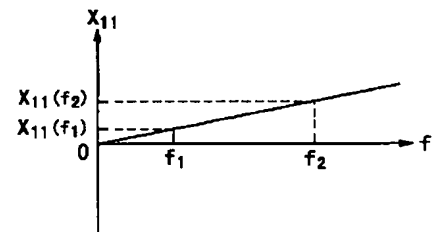
(b)



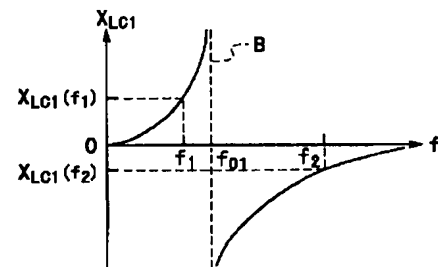
【図 4】

(図 4)  
(a)

(b)

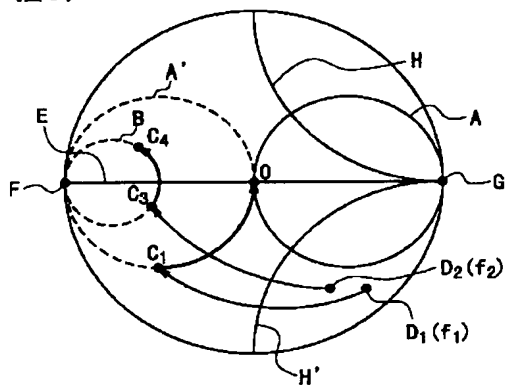


(c)



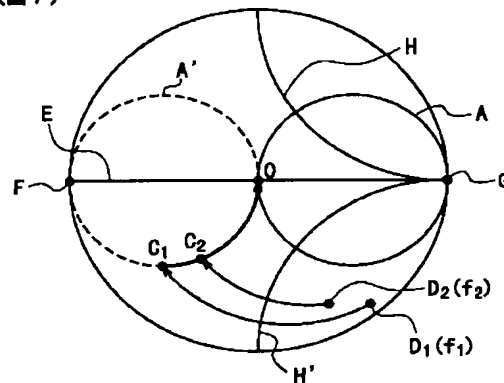
【図 6】

(図 6)

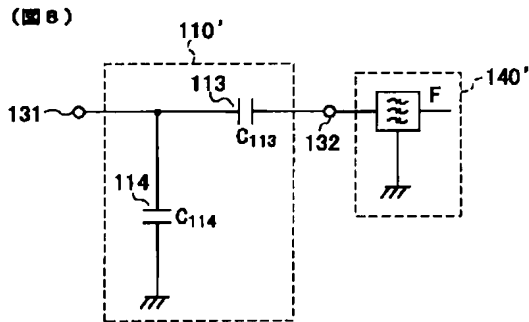


【図 7】

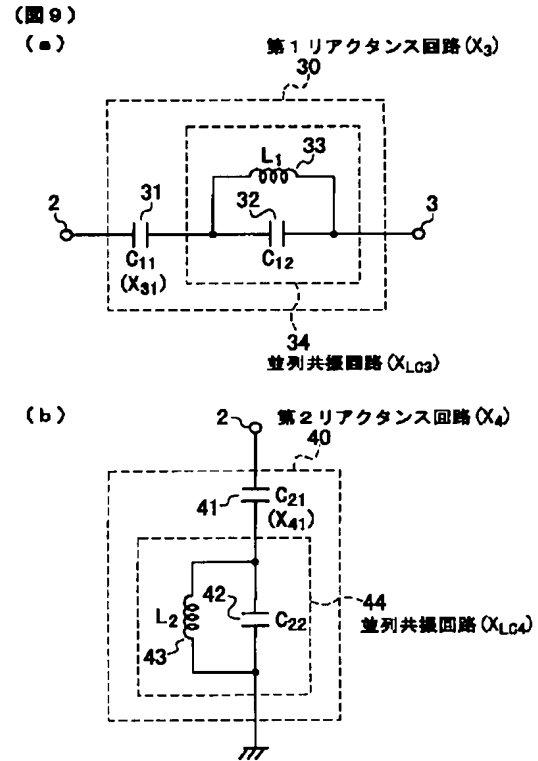
(図 7)



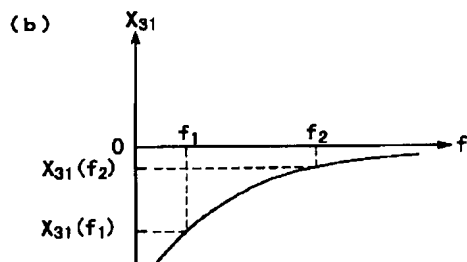
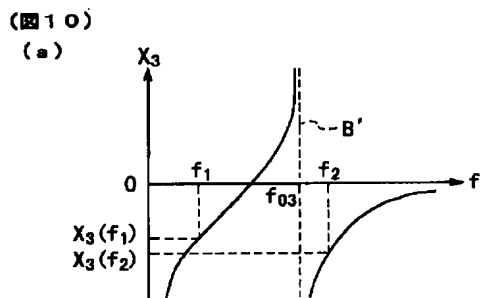
【図8】



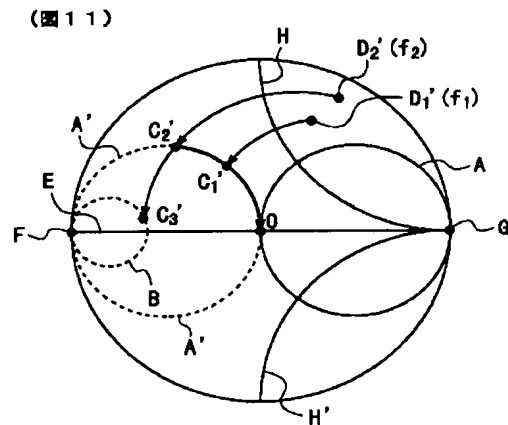
【図9】



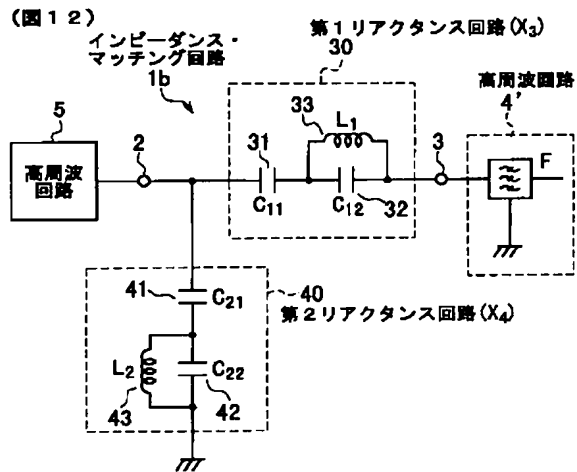
【図10】



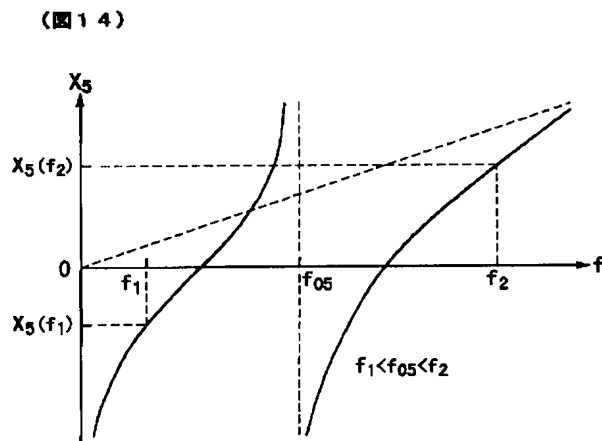
【図11】



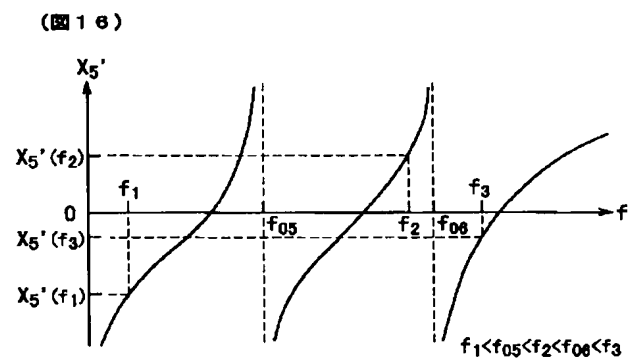
【図12】



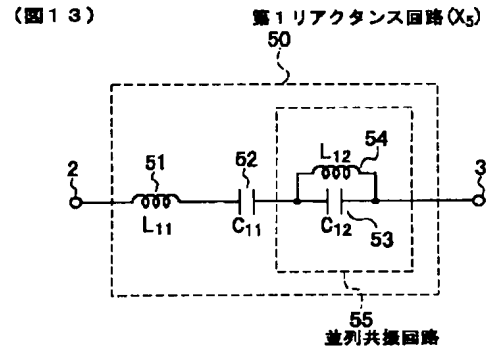
【図14】



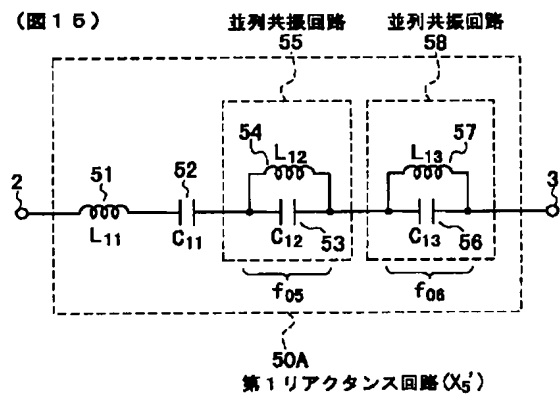
【図16】



【図13】



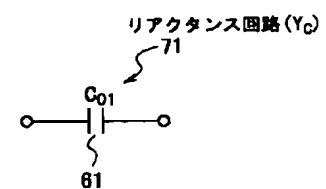
【図15】



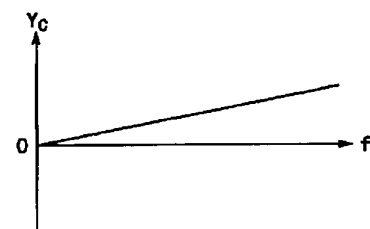
【図17】

(図17)

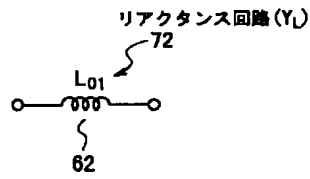
(a)



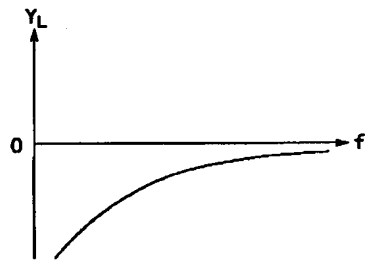
(b)



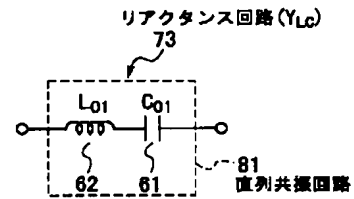
【図 18】

(図 18)  
(a)

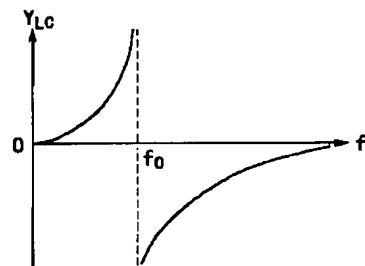
(b)



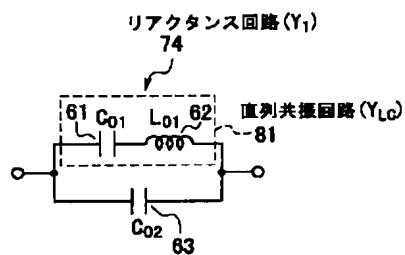
【図 19】

(図 19)  
(a)

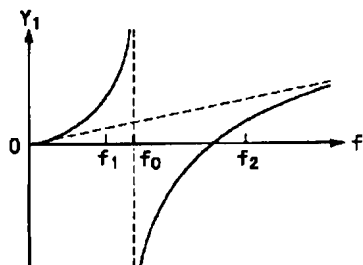
(b)



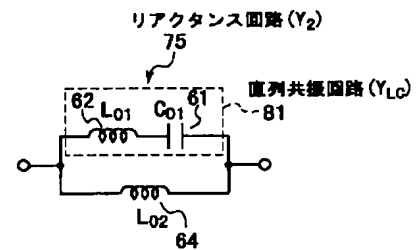
【図 20】

(図 20)  
(a)

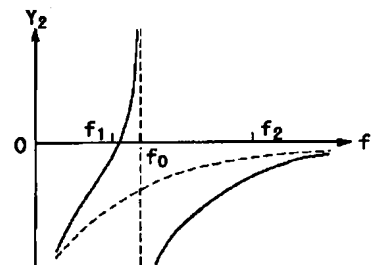
(b)



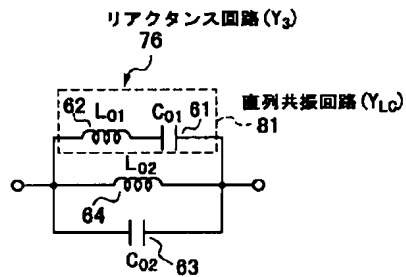
【図 21】

(図 21)  
(a)

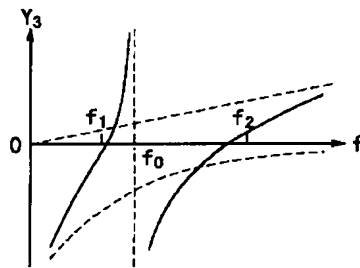
(b)



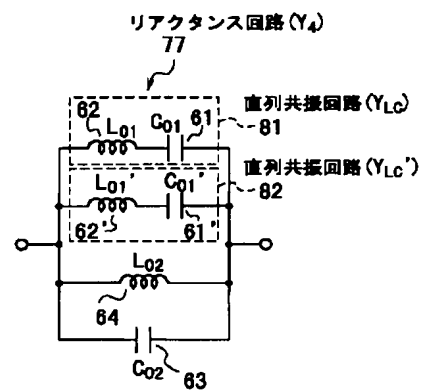
【図22】

(図22)  
(a)

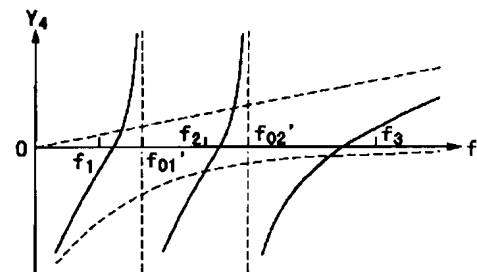
(b)



【図23】

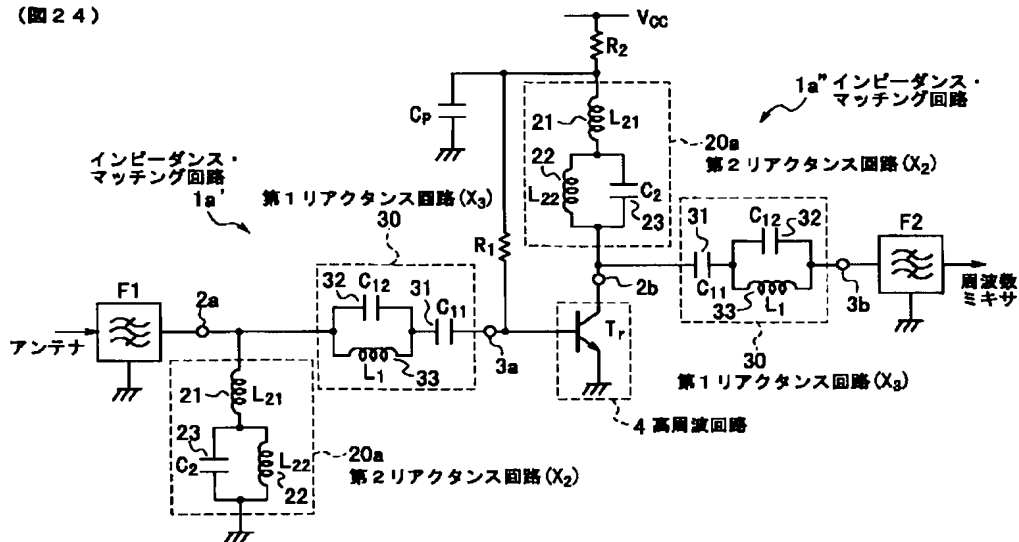
(図23)  
(a)

(b)



【図24】

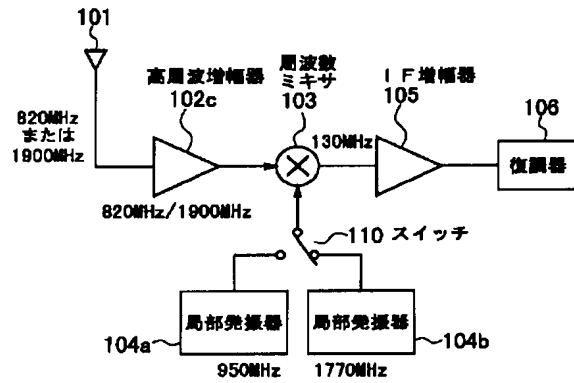
(図24)



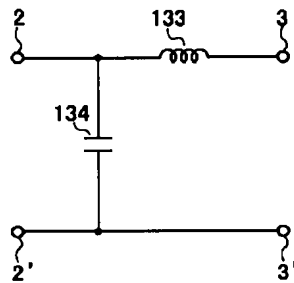


【図25】

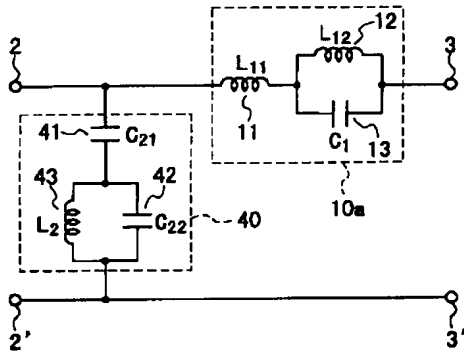
(図25)



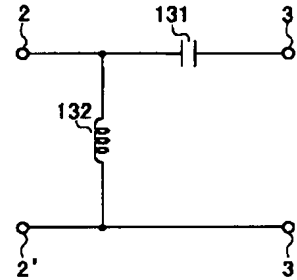
【図27】

(図27)  
(a)

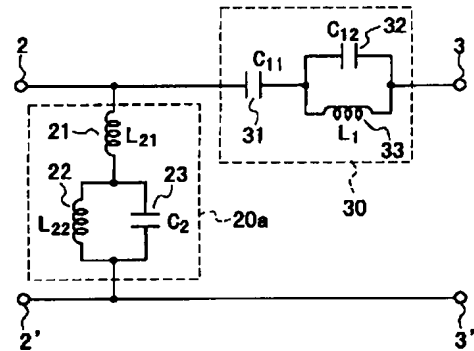
(b)



【図26】

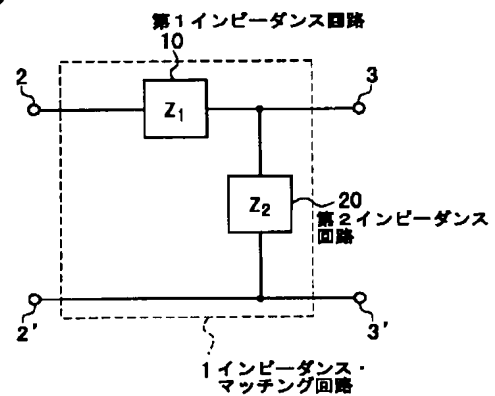
(図26)  
(a)

(b)

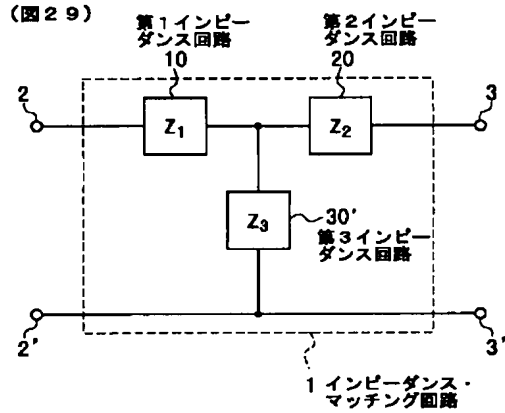


【図28】

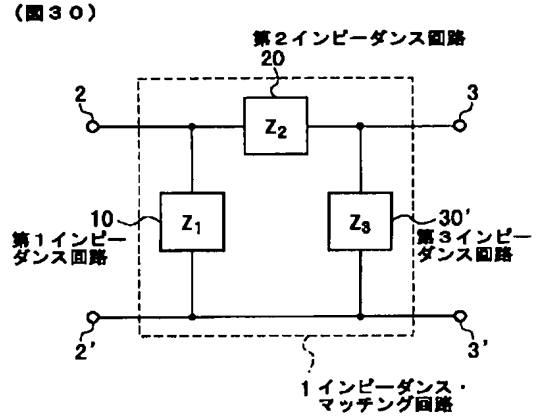
(図28)



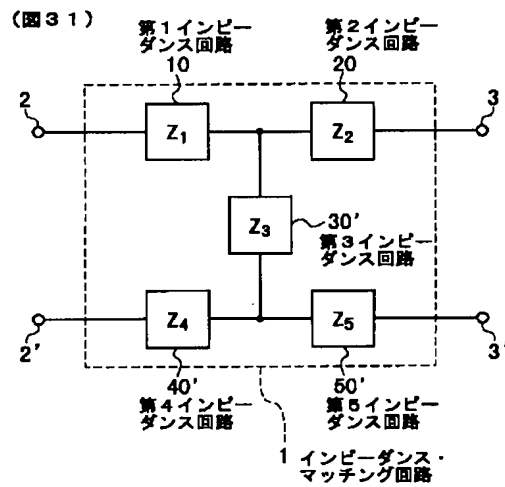
【図 29】



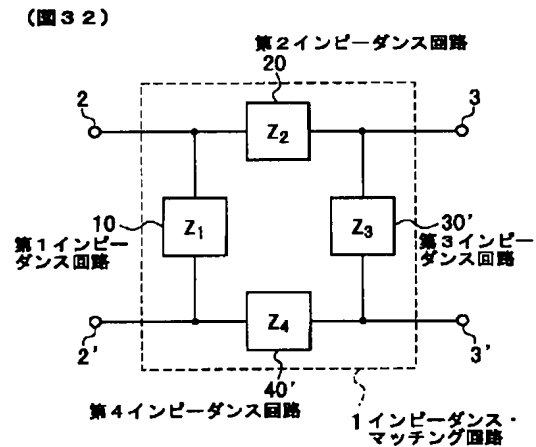
【図 30】



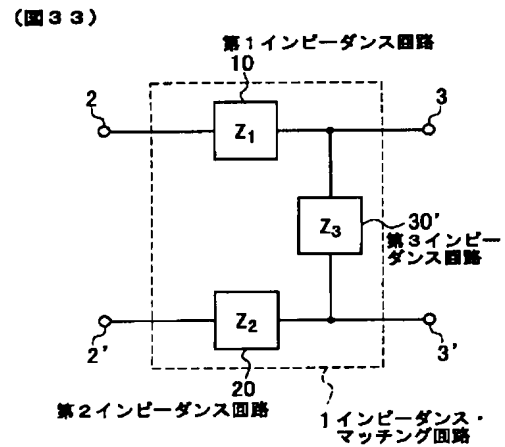
【図 31】



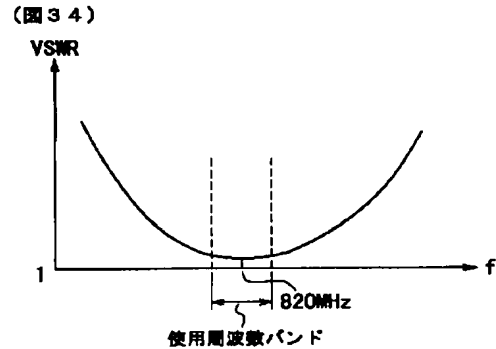
【図 32】



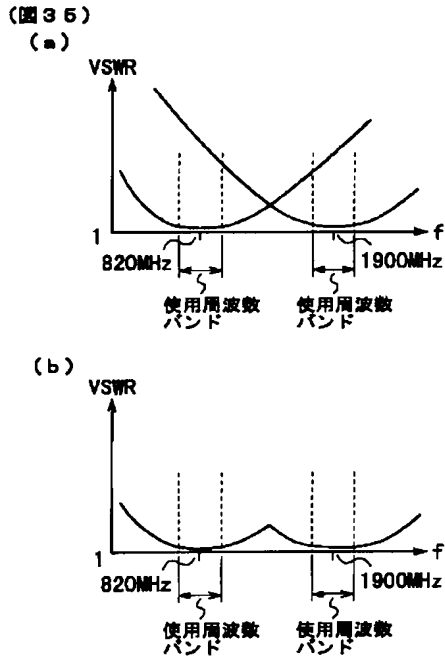
【図 33】



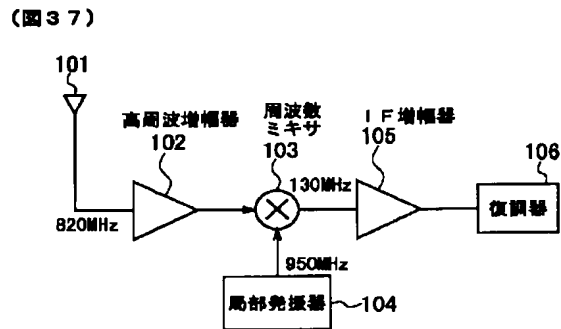
【図 34】



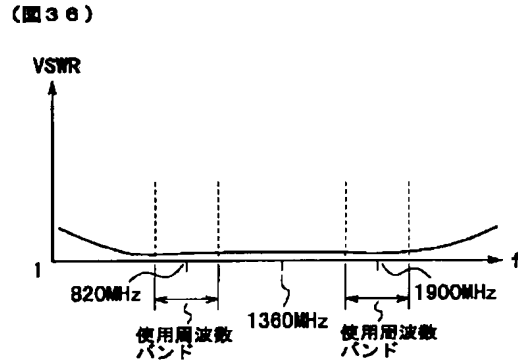
【図 35】



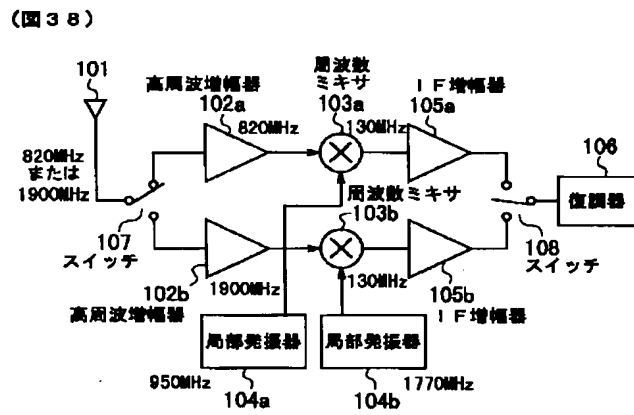
【図 37】



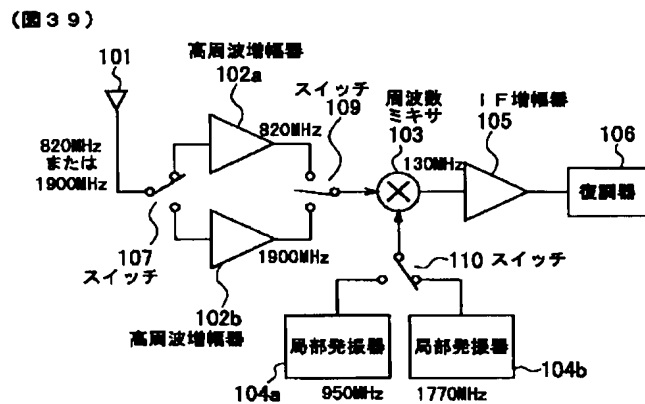
【図 36】



【図 38】



【図 39】



【図 40】

(図 40)

